



LA GÉOTECHNIQUE PARTENAIRE

Agence d'Auxerre

Parc technologique de la Chapelle

89470 MONETEAU

Tél. : 03 86 72 04 40 – Fax : 03 86 72 04 41



LA GÉOTECHNIQUE PARTENAIRE

Siège Social

9 Boulevard de l'Europe

21800 QUETIGNY-LES-DIJON

Tél. : 03 80 48 93 20 – Fax : 03 80 48 93 30

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION
PHASE PROJET (G2-PRO)

2014/04281/AUXER/02 et /03 – Indice B

89380 – APPOIGNY

RD 319

Parc d'activités

23 décembre 2016

Etude géotechnique de conception phase projet (G2-PRO)

Parc d'activités

89380 APPOIGNY

RD 319

N° AFFAIRE		2014/04281/AUXER/02 et /03		TP	MISSION : G2-PRO		
INDICE	DATE	Nbre de Pages		ETABLI PAR	VERIFIE PAR	MODIFICATIONS OBSERVATIONS	APPROUVE PAR
		Texte	Annexes				
0	26/08/2016	53	166	L. JACQUIN J. CICILIANI	FO. CHAMPEL	Première émission	
A	06/10/2016	68	179	L. JACQUIN J. CICILIANI	FO. CHAMPEL	Suite aux remarques d'EGIS en date du 31/08/2016	
B	23/12/2016	73	220	J. CICILIANI 	FO. CHAMPEL	Suite aux résultats des investigations complémentaires et échanges avec le MOE – rapport définitif	L. PEZZOLO
C							

SOMMAIRE

<i>I - CADRE DE L'INTERVENTION.....</i>	<i>5</i>
I.1. INTERVENANTS.....	5
I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES	5
I.3. MISSIONS	9
<i>II - CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE.....</i>	<i>11</i>
II.1. LE SITE	11
II.2. zone d'influence géotechnique.....	13
II.3. CONTENU DES RECONNAISSANCES	13
II.4. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES.....	16
<i>III - CADRE GEOLOGIQUE - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE.....</i>	<i>17</i>
III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS	17
III.2. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES	30
III.3. HYDROGEOLOGIE	31
III.4. ESSAIS DE PERMEABILITE.....	34
III.5. ESSAIS D'EPUISEMENT EN FOUILLE – ESTIMATIONS DES DEBITS D'EXHAURE.....	37
- Hypothèses géométriques considérées/données d'entrée.....	38
- Résultats	39
III.6. POLLUTION	40
<i>IV - TERRASSEMENTS GENERAUX.....</i>	<i>41</i>
IV.1. PREAMBULE / CONTRAINTES ARCHEOLOGIQUES	41
IV.2. ETUDE DES REMBLAIS	42
IV.3. PROFILS RASANTS OU PARTIES COMPLETEMENT EN DEBLAIS.....	45
<i>V - NOUVELLES VOIRIES.....</i>	<i>50</i>
V.1. EXEMPLES DE PREDIMENSIONNEMENT (CATALOGUES DES STRUCTURES DE CHAUSSEES NEUVES – EDITION 1998)	50
V.2. Vérification au gel-dégel.....	51
V.3. ESSAIS DE CONTROLE.....	53
V.4. SUJETIONS PARTICULIERES	53
<i>VI - PARKING POIDS LOURDS.....</i>	<i>54</i>
- Préparation du fond de forme.....	54
- Couche de forme	55
- Sujétions particulières	55
<i>VII - ETUDE DE LA CONDITION DE POSE DES RESEAUX.....</i>	<i>56</i>
VII.1. REMARQUES PRELIMINAIRES	56

VII.2. CONDITIONS DE TERRASSEMENT	56
VII.3. MISE HORS D'EAU	57
VII.4. ASSISE DU RESEAU	58
VII.5. REMBLAIEMENT	58
VII.6. CONTROLES	60
VII.7. REMARQUES GENERALES	61
VIII - ETUDE DES BASSINS	62
VIII.1. ETANCHEITE DES SOLS ET DISPOSITIF DE MISE HORS D'EAU	62
VIII.2. CONDITIONS DE TERRASSEMENT	66
VIII.3. REUTILISATION DES MATERIAUX	66
VIII.4. STABILITE DES REMBLAIS DE MISE A NIVEAU	66
VIII.5. STABILITE DES TALUS en DEBLAIS	67
VIII.6. SUJETIONS D'EXECUTION	68
VIII.7. FONDATION DES SEPARATEURS D'HYDROCARBURES	68
- Principe de fondation	68
- Sujétions d'exécution	68
- Contrôles	69
- Mise hors d'eau	69
IX - RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET	70
<i>Conditions d'utilisation du present document</i>	<i>71</i>
<i>Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique</i>	<i>72</i>
<i>Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique</i>	<i>73</i>
 ANNEXES	
Annexe 1 : Plan de situation	
Annexe 2 : Plan d'implantation des sondages et essais	
Annexe 3 : Sondages et essais	
Annexe 4 : Résultats des analyses en laboratoire	

I - CADRE DE L'INTERVENTION

I.1. INTERVENANTS

A la demande de :

EGIS

Direction Centre Est
11 Boulevard Rembrandt
21000 DIJON

Et pour le compte de :

LA COMMUNAUTE DE L'AUXERROIS

3 bis Rue Clémenceau
BP 58
89010 AUXERRE Cedex

GEOTEC a réalisé la présente étude sur le site suivant :

- A proximité du hameau « Les Bries », au sein du Bois de Chaumoi et au niveau du lieu-dit « le Fossé du Bois », sur la commune d'APPOIGNY (89).

I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES

Les documents suivants, de stade PRO/DCE, ont été mis à la disposition de GEOTEC :

Documents	Emetteur	Date de réception	Echelle	Cote altimétrique
Plan topographique	EGIS	24/05/2016	1/1000	oui (NGF)
Plan d'assemblage		24/06/2016	1/1000	oui (NGF)
Plan projet voiries/assainissement/hydraulique			1/1000	oui (NGF)
Profil en long - voiries principale et secondaires			1/1000 1/200	oui (NGF)
Coupe de principe voiries			1/100	non
Plans et coupes type bassins et équipements			1/100	non
Notice hydraulique – phase Projet réalisée par EGIS en mai 2015		25/02/2016	-	-
Rapport de Diagnostic environnemental réalisé par RSK de juin 2015			-	-
Plan de gestion réalisé par RSK d'octobre 2015			-	-
Plans d'avancement des recherches archéologiques			-	-

Le projet consiste en l'aménagement du Parc d'Activités d'Appoigny.

Cette opération d'aménagement donnera lieu à la réalisation d'une zone d'activités à dominante industrielle et technologique.

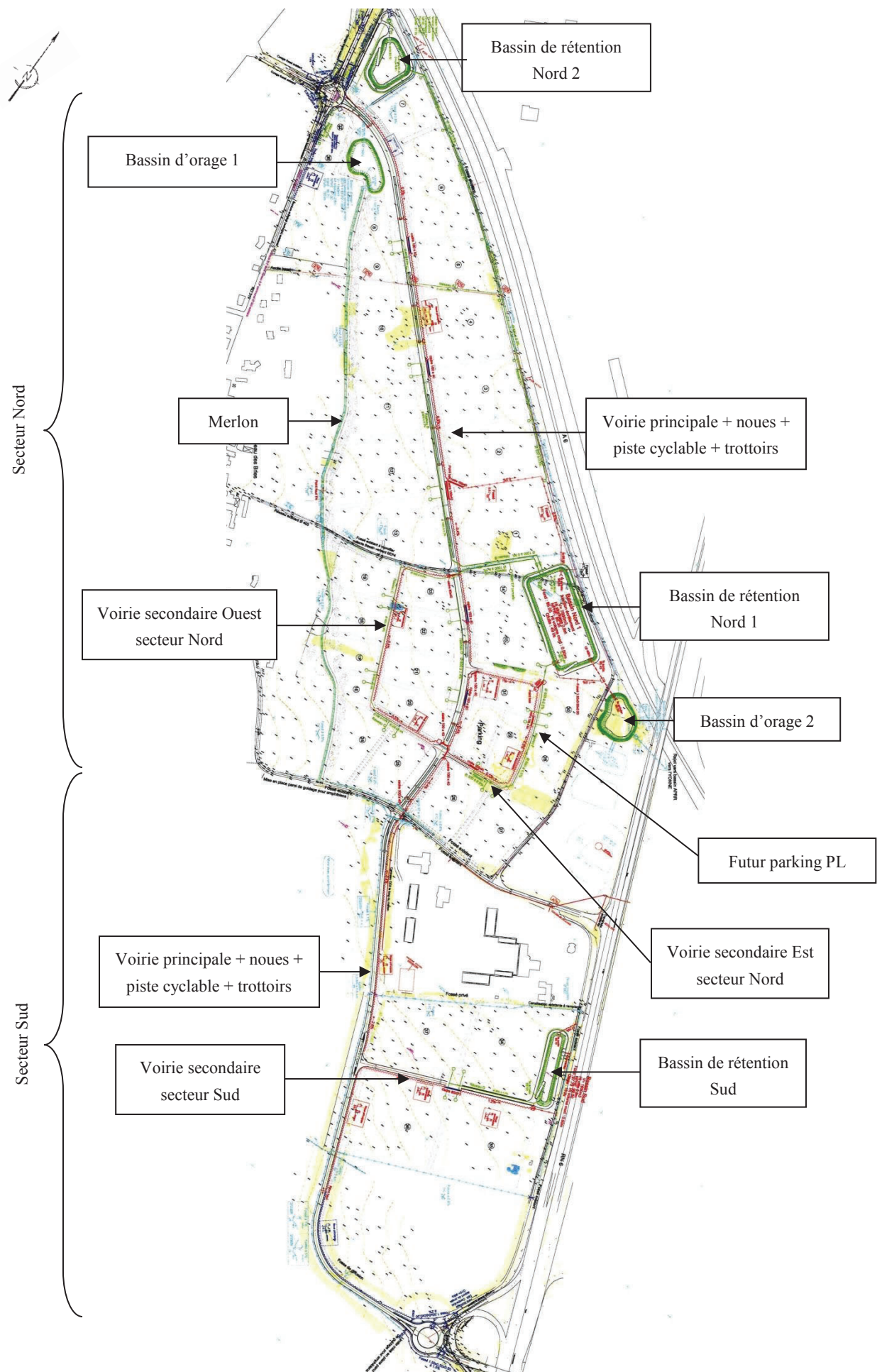
D'après le plan d'aménagement actuel, le parc d'activités sera constitué de :

- 46 lots à bâtir (non étudiés),
- environ 3000 ml de nouvelles voiries lourdes. Il sera créé notamment :
 - * une voirie principale, traversant le site du Nord au Sud. D'après les données d'Egis, le trafic de cette voirie sera de 107 PL/jour/sens correspondant à une classe de trafic TC3₂₀.
 - * 3 voiries secondaires dont le trafic a été estimé par Egis à 17 ou 18 PL/jour/sens correspondant à une classe de trafic TC1₂₀ ;
- associés aux voiries, des réseaux enterrés (à une profondeur comprise entre 1.00 m et 2.70 m), des noues (profondes de 1.00 m environ), des pistes cyclables et des trottoirs seront également créés ;
- 3 bassins de rétention et ouvrages associés (séparateur d'hydrocarbures, ...) ;
- 2 bassins d'orage ;
- un merlon principal de 3.00 m de hauteur environ en limite Ouest du projet.

Un parking pour Poids Lourds sera également créer au niveau d'une zone de carrière remblayée. Toutefois, cette partie du projet n'est qu'au stade de l'esquisse.

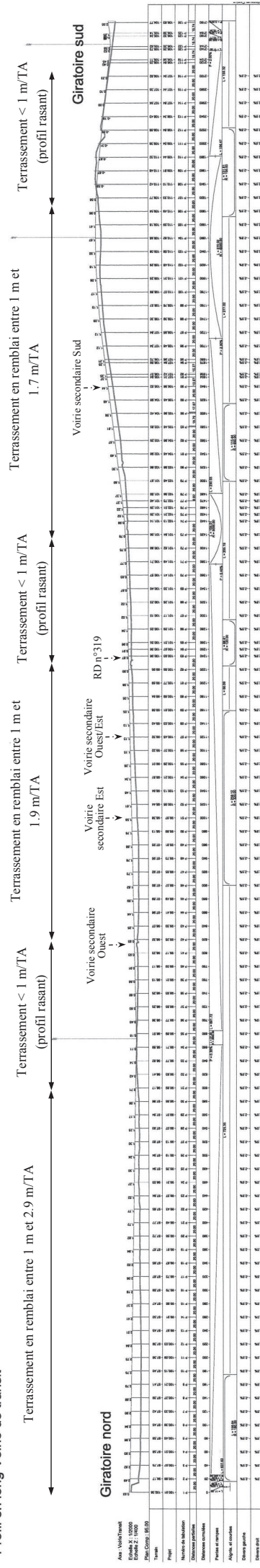
Le plan de masse reprenant la localisation de ces ouvrages est repris ci-après.

D'après les profils en long des voiries, le projet nécessitera la création de remblais d'environ 2.90 m de hauteur au maximum par rapport au terrain actuel, le restant se situant en profil rasant (remblais/déblais de l'ordre du 1 m au maximum) - (Cf. profil de la voirie principale ci-après).



Plan de masse projet (sans échelle)

Profil en long Voirie de transit



I.3. MISSIONS

Conformément à ses offres Réf. **2014/04281/AUXER/02 et /03** réactualisées le **27 juin 2014**, GEOTEC a reçu pour mission de :

- définir la géologie, l'hydrogéologie, ainsi que les caractéristiques géotechniques et géomécaniques des sols rencontrés ;
- préciser les difficultés géotechniques particulières éventuelles ;
- définir la classification des sols suivant le GTR ;
- qualifier les PST et les arases des futures voiries ;
- définir les conditions d'extraction et l'aptitude au réemploi des sols à terrasser ;
- définir les conditions d'exécution des remblais et des déblais, ainsi que leur stabilité et les tassements prévisibles sous les remblais ;
- définir les dispositions constructives en matière de drainage ;
- définir la traficabilité des différents sols rencontrés ;
- déterminer les conditions de pose des réseaux ;
- dimensionner les couches de forme et les structures de voiries à mettre en œuvre dans le cadre de l'aménagement ;
- déterminer les conditions de réalisation des bassins (pentes des talus, infiltration, rétention,...) ;
- déterminer le principe de fondation des séparateurs d'hydrocarbures ;
- déterminer les conditions de réalisation du merlon (pentes des talus, matériaux,...) ;

Cette étude repose sur des investigations géotechniques réalisées par GEOTEC en 2014 et en 2016 et correspond aux missions :

- G1-PGC d'étude géotechnique préalable – principe généraux de construction concernant le futur parking PL,
- G2-PRO d'étude géotechnique de conception – phase projet concernant les voiries, principale et secondaires et la pose des réseaux, les bassins de rétention selon les termes de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013, relative aux missions géotechniques (extraits joints).

Il est rappelé que la mission d'étude géotechnique préalable – phase principes généraux de construction (G1-PGC) seule ne peut suffire pour concevoir le projet géotechnique et qu'il est indispensable de réaliser une mission d'étude géotechnique de conception (G2 – phases AVP, PRO et DCE/ACT), après définition précise du projet, en vue d'adapter l'ouvrage au contexte géotechnique.

Il est rappelé que la mission d'étude géotechnique de conception – phase -projet (G2-PRO) doit être complétée par la mission d'étude géotechnique de conception G2-DCE/ACT puis par des missions de réalisation G3 (étude et suivi géotechniques d'exécution) et G4 (supervision géotechnique d'exécution) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours d'exécution ou après réception des ouvrages. GEOTEC reste à disposition des intervenants, et notamment de l'équipe de maîtrise d'œuvre, pour l'exécution des missions complémentaires G2 DCE/ACT et G4, la mission G3 étant généralement réalisée par les entreprises de travaux.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les « Conditions d'utilisation du présent document » données en fin de rapport.

Remarque : toutes les abréviations utilisées dans ce rapport sont conformes à la norme XP 94-010 hormis les suivantes :

- PHEC : plus hautes eaux connues ;
- Rd : résistance dynamique apparente (formule des Hollandais) ;
- TA : terrain actuel.

*

*

*

II - CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

II.1. LE SITE

Le terrain étudié se trouve de part et d'autre de la RD 319, à proximité du hameau « Les Bries », au sein du Bois de Chaumoi et au niveau du lieu-dit « le Fossé du Bois » sur la commune d'APPOIGNY. Le site s'inscrit dans la plaine alluviale de l'Yonne.



Photographie aérienne du site

La zone d'étude est délimitée par l'autoroute A6 au Nord / Nord-est, par la Route Nationale n°6 à l'Est et par les hameaux « Les Bries » et « le Bois de Chaumoi » à l'Ouest et au Sud.

D'anciennes gravières non remblayées se situent au droit ou à proximité immédiate du site mais en dehors des futures constructions (Cf. photographie aérienne du site ci-dessus).

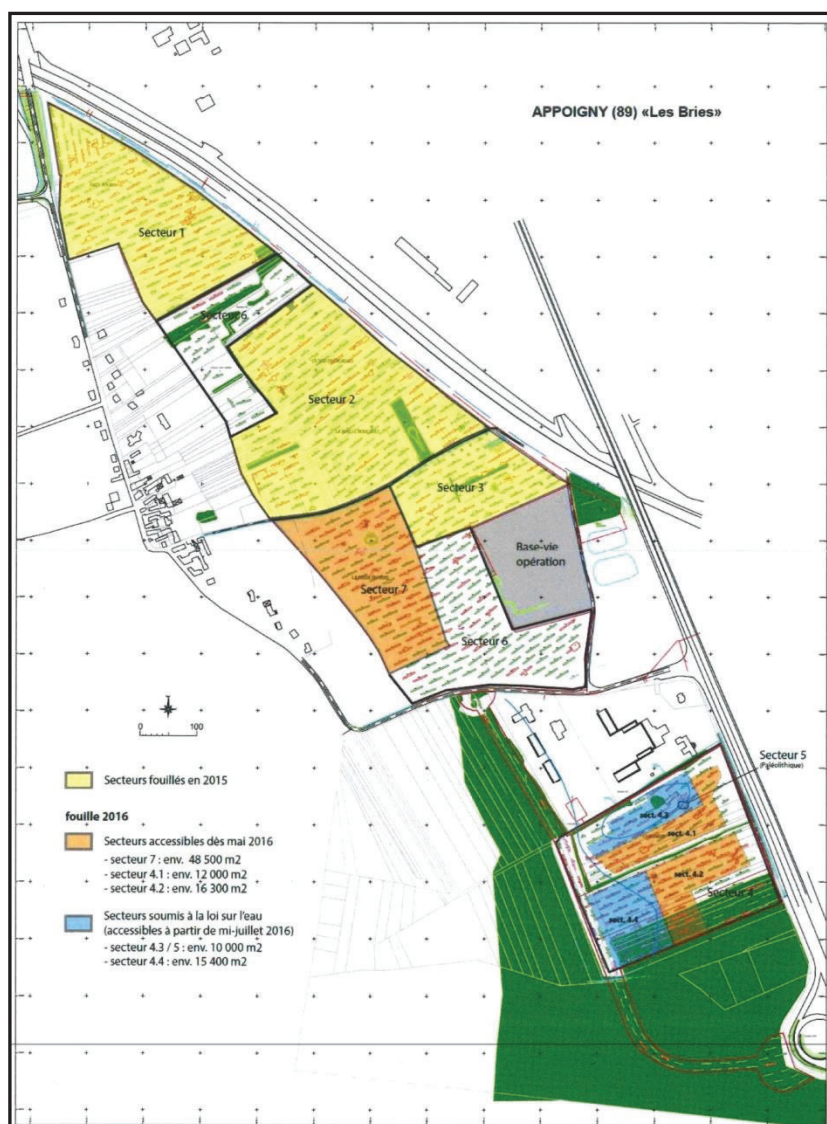
Des recherches archéologiques étaient et sont toujours en cours (cf. plan ci-après d'avril 2016). Elles ont débuté courant d'année 2015. L'étude G2-AVP réalisée en 2014, ne tenait donc pas compte de ces recherches.

La majorité du secteur Nord a été investiguée par les archéologues en 2015.



Photographie du site de la zone Nord du projet – 25 mai 2016

Lors de notre intervention en avril/mai 2016 dans le cadre de cette mission G2-PRO, le secteur Sud n'avait pas encore été investigué par les archéologues.



Etat des lieux des recherches archéologiques – avril 2016

Ind. B

II.2. ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE

La zone d'influence géotechnique (ZIG) ne se limite pas qu'aux parcelles intéressées par le projet.

La ZIG intéresse également :

- Les ouvrages mitoyens suivants (interface entre fondations / terrassements),
- Les parcelles mitoyennes (interface entre fondations / terrassements),
- Les chaussées mitoyennes (terrassements).

Ind. B

II.3. CONTENU DES RECONNAISSANCES

La campagne de reconnaissance de la mission G2-PRO, définie par GEOTEC et EGIS, a consisté en l'exécution de :

* Voiries, réseaux :

- **3 sondages carottés** (*SC101, SC106 et SC108*) réalisés à l'échantillonneur en diamètre 114 mm. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type TB225. Ces sondages ont atteint une profondeur de 6.00 m par rapport au TA. Ils ont permis de visualiser la nature des sols traversés et de prélever des échantillons intacts pour analyses en laboratoire.
- **4 sondages pressiométriques** (*SP101, SP102, SP106 et SP108*) réalisés en diamètre 63 mm. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type TB 225. Ces sondages ont atteint une profondeur de 8.00 m par rapport au TA. Les essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1.00 m à 1.50 m.
- **15 sondages géologiques** (*F101 à F115*) réalisés par ouverture de puits à la pelle mécanique. Ces sondages ont atteint une profondeur comprise entre 3.00 m et 4.10 m par rapport au TA. Ils ont permis de visualiser la nature des sols traversés et de prélever des échantillons pour analyses en laboratoire.
- **26 essais au pénétromètre dynamique** (*P101 à P120 et P201 à P206*) arrêtés entre 5.00 m et 8.00 m/TA en P107 à P112, P114, P115, P119, P120 et P201 à P205 ou poussés au refus entre 2.30 m et 7.25 m/TA au droit des autres essais. Ces essais ont permis de mesurer en continu la résistance mécanique de chaque horizon traversé. Cette résistance s'interprète en termes d'homogénéité et de portance du sol.
- **des analyses de laboratoire** ont été réalisées sur des échantillons prélevés dans les forages précédents. Elles ont consisté en la réalisation de 9 identifications GTR, 1 essai Proctor, 1 mesure de l'IPI, 3 essais de compressibilité à l'oedomètre, 3 essais de fluage (compressibilité à l'oedomètre long terme), 3 mesures de l'agressivité chimique des sols et 3 mesures de la teneur en matière organique.

* Bassins :

- **5 sondages carottés** (*SC102, SC103, SC104, SC105 et SC107*) réalisés à l'échantillonneur en diamètre 114 mm. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type TB225. Ces sondages ont atteint une profondeur variant entre 2.00 m et 4.00 m par rapport au TA. Ils ont permis de visualiser la nature des sols traversés, de prélever des échantillons intacts pour analyses en laboratoire et de mettre en place :

- **5 piézomètres** (*Pz102 à Pz105 et Pz107*) de 2.00 m à 4.00 m équipent le site. Ils ont été disposés dans les sondages carottés précédents. Ils sont coiffés en tête d'une protection métallique cadenassée.

- **5 sondages géologiques** (*F116 à F120*) réalisés par ouverture de puits à la pelle mécanique. Ces sondages ont atteint une profondeur comprise entre 3.00 m et 4.00 m par rapport au TA. Ils ont permis de réaliser :

- **5 essais d'épuisement avec suivi des niveaux d'eau dans les piézomètres** réalisés dans les sondages géologiques précédents afin de déterminer la perméabilité des terrains.

- **des analyses de laboratoire** avaient été réalisées sur des échantillons prélevés dans les forages précédents. Elles avaient consisté en la réalisation de 10 identifications GTR, 5 essais Proctor, 5 mesures de l'IPI, 5 essais d'aptitude au traitement à la chaux, 6 essais de cisaillement à la boîte type CD, 2 mesures de l'agressivité chimique des sols, 2 mesures de la teneur en matière organique et 10 essais de perméabilité à charge constante sont en cours de finalisation.

* Zone parking PL :

- **15 essais au pénétromètre dynamique** (*P131 à P142*) arrêtés entre 7.00 m et 8.40 m/TA en P131, P135, P137, P138, P140 et P141 ou poussés au refus entre 1.90 m et 7.50 m de profondeur au droit des autres essais. Ces essais ont permis de mesurer en continu la résistance mécanique de chaque horizon traversé. Cette résistance s'interprète en termes d'homogénéité et de portance du sol.

* Merlons :

- **des analyses de laboratoire** ont été réalisées sur des échantillons prélevés au droit de merlons de terre liés aux travaux des archéologues et de bassins. Elles ont consisté en la réalisation de 7 identifications GTR, 7 mesures de la teneur en matière organique et de 4 essais d'aptitude au traitement à la chaux seule (2 à 1% et 2 à 2% de chaux).

La campagne de reconnaissance de la mission G2-AVP, définie par EGIS, avait consisté en l'exécution de :

* Nouvelles voiries, pose des réseaux et noues :

- **18 sondages géologiques** (*F1, F10 à F12, F17, F18, F21 à F30, F41 et F44*) réalisés par ouverture de puits à la pelle mécanique. Ces sondages avaient atteint une profondeur comprise entre 1.00 m et 3.90 m par rapport au TA.

- **11 essais d'infiltration de type Matsuo** (*E21 à E30 et E44*) avaient été réalisés entre 1.00 m et 3.00 m de profondeur dans les sondages géologiques précédents afin de déterminer la perméabilité naturelle des terrains.

- **5 essais au pénétromètre dynamique** (*P1 à P5*) arrêtés à 6.00 m/TA en P1 à P3 ou poussés au refus à 5.10 m en P4 et 5.90 m en P5. Ces essais avaient permis de mesurer en continu la résistance mécanique de chaque horizon traversé. Cette résistance s'interprète en termes d'homogénéité et de portance du sol.

- **8 sondages géologiques** (*ST1, ST5 à ST10 et ST13*) en diamètre 63 mm. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type TB 225. Ces sondages avaient atteint une profondeur comprise entre 5.00 m et 8.00 m par rapport au TA.

- **14 essais LEFRANC** (*EL1 à EL2, EL9 à EL20*) avaient été réalisés dans 7 des sondages géologiques précédents (2 essais par sondage) afin de déterminer la perméabilité des terrains.

- **1 piézomètre** (*Pz13*) de 8.00 m équipe le site. Il a été disposé dans le sondage géologique ST13. Il est coiffé en tête d'une protection métallique cadénassée. GEOTEC procède actuellement à un suivi du niveau d'eau de ce piézomètre. Cette mission est prévue pour une durée de 12 mois à intervalle régulier de 1 mois et comprend 12 relevés. Les résultats feront l'objet d'une note complémentaire à l'issue de cette mission.

- des analyses de laboratoire avaient été réalisées sur des échantillons prélevés dans les forages précédents. Elles avaient consisté en la réalisation de **10 identifications GTR, 3 essais Proctor, 2 essais d'aptitude au traitement, 3 mesures de l'agressivité chimique des sols et 6 mesures de la teneur en matière organique.**

* Bassins de rétention, d'infiltration et séparateurs d'hydrocarbures :

- **3 sondages pressiométriques** (*SP1 à SP3*) réalisés en diamètre 63 mm. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type TB 225. Ces sondages avaient atteint une profondeur de 8.00 m par rapport au TA.

- **8 sondages géologiques** (*F2 à F5 et F13 à F16*) réalisés par ouverture de puits à la pelle mécanique. Ces sondages avaient atteint une profondeur comprise entre 3.10 m et 3.70 m par rapport au TA.

- **3 sondages carottés** (*SC1 à SC3*) réalisés au carottier ou à l'échantillonneur en diamètre 113 ou 114 mm. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type TB225. Ces sondages avaient atteint une profondeur de 8.00 m par rapport au TA.

- **4 sondages géologiques** (*ST2, ST3, ST4, ST11 et ST12*) en diamètre 63 mm. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type TB 225. Ces sondages avaient atteint une profondeur comprise entre 5.00 m et 8.00 m par rapport au TA.

- **6 essais LEFRANC** (*EL3 à EL8*) avaient été réalisés dans 3 sondages géologiques ST2, ST3 et ST4 précédents (2 essais par sondage) afin de déterminer la perméabilité des terrains.

- **2 piézomètres (Pz11 et Pz 12)** de 8.00 m équipent le site. Ils avaient été disposés dans les sondages géologiques ST11 et ST12. Ils sont coiffés en tête d'une protection métallique cadenassée.

GEOTEC a procédé actuellement à un suivi du niveau d'eau de ces piézomètres. Cette mission est prévue pour une durée de 12 mois à intervalle régulier de 1 mois et comprend 12 relevés. Les résultats feront l'objet d'une note complémentaire à l'issue de cette mission.

- des analyses de laboratoire avaient été réalisées sur des échantillons prélevés dans les forages précédents. Elles avaient consisté en la réalisation de **2 identifications GTR, 1 essai Proctor, 1 mesure de l'IPI, 1 essai d'aptitude au traitement, 1 mesure de l'agressivité chimique des sols et 5 mesures de la teneur en matière organique.**

* Fouilles archéologiques :

- Notons la réalisation de fouilles archéologiques dont les profondeurs sont variables. Pour plus de précisions, il convient de se reporter aux documentx de recollement des fouilles archéologiques.

II.4. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES

La position des sondages et essais figure sur le schéma d'implantation en annexe.

L'implantation a été réalisée selon le plan d'implantation des sondages transmis par EGIS, au mieux des conditions d'accès et de la présence de réseaux existants éventuels.

L'altimétrie des points de sondage a été estimée par interpolation des indications du plan d'aménagement remis par EGIS.

Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Actuel.

*

*

*

III - CADRE GEOLOGIQUE - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique d'AUXERRE et notre connaissance de ce secteur, la géologie attendue est la suivante :

- des remblais (anciennes gravières remblayées notamment),
- des formations alluvionnaires de l'Yonne,
- des sables et argiles panachées d'âge Albien et/ou Barrémien,
- le calcaire à marno-calcaire d'âge Barrémien.

III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

Les campagnes de reconnaissance ont mis en évidence les formations sommaires suivantes :

Compte-tenu des mouvements des terres effectués par les archéologues en 2015 (notamment dans le secteur Nord), nous distinguerons les résultats des campagnes de reconnaissance de 2014 (G2-AVP) et de 2016 (G2-PRO).

III.1.1. RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE DE 2016 (G2-PRO)

* Nouvelles voiries, pose des réseaux et noues : sondages F101 à F115, P101 à P120, SP/SC101, SP102, SP/SC106 et SP/SC108 :

- **de la terre végétale** identifiée en F101 à F105 et F107 à F115 et en SC106 sur 5 cm à 30 cm d'épaisseur.
- **des remblais** ont été identifiés dans le sondage F104 jusqu'à une profondeur de 0.70 m / TA. Ils sont constitués d'un mélange en proportion variable d'argile, et de sable grisâtre.
- **de l'argile marron, de l'argile marron +/- sableuse à graviers et du sable marron +/- argileux à passées noires** identifiés en F103 à F115 et SC108 jusqu'à 3.00 m à 6.00 m, profondeurs d'arrêts de ces sondages et en F101, F102, SP101, SC101, SP102, SC106, SP106 et SP108 jusqu'à une profondeur variant entre 1.50 m et 5.80 m / TA. On peut attribuer cette formation pour partie à l'horizon remanié par les recherches archéologiques et/ou aux alluvions modernes argilo-sableuses de l'Yonne.

Leurs caractéristiques mécaniques sont hétérogènes mais globalement très faibles à moyennes en fonction de la proportion de graviers :

$$0.19 \leq p_l^* \leq 1.25 \text{ MPa}$$

$$1.48 \leq E_M \leq 12.4 \text{ MPa}$$

$$0.1 \leq R_d \leq 30.0 \text{ MPa}$$

Des analyses en laboratoire ont été réalisées sur des échantillons prélevés dans cet horizon. Les résultats sont les suivants (résultats détaillés en annexes) :

Sondage	Prof. (m)	Nature géologique	Classification GTR	Agressivité chimique	Matière organique (% MS)
SC101	0.57 à 0.75	Limon sablo-argileux	B ₆	-	-
SC106	0.75 à 0.90	Limon sableux	A ₂ th	-	-
SC108	0.60 à 0.75	Argile sableuse	A ₂ th	-	-
SC108	1.70 à 1.90	Argile sableuse	A ₂ th	-	-
F101	0.70 à 2.30	Argile sableuse à +/- de graviers	B ₅	Faible, classe < AX1	1.7
F112	0.20 à 4.10	Argile sableuse à +/- de graviers	-	Modérée classe AX2	2.2

Nous sommes en présence de sols à dominance argilo-limono-sableuse moyennement plastique et de classes GTR B₅, B₆ et A₂ dans des états hydriques « th ». Ces sols sont généralement sensibles à l'eau et sujets au matelassage dès l'état « h ».

Des essais de compressibilité à l'oedomètre ont été réalisés ; ils ont donné les résultats suivants :

Sondage	Prof. (m)	Nature géologique	Compressibilité œdométrique à court terme				
			e ₀	σ' _p (kPa)	σ' _{vo} (kPa)	C _c	C _s
SC101	3.70 à 3.80	Argile +/- sableuse	0.777	92	73.0	0.219	0.088
SC106	1.00 à 1.10	Limon sableux à +/- de graviers	0.397	72	23.63	0.119	0.007
SC108	0.80 à 0.95	Argile sableuse à +/- de graviers	0.468	85	19.03	0.134	0.012

- **des sables à +/- de graviers et +/- de matrice argileuse** identifiés dans les sondages F101, F102, jusqu'à 3.40 m à 3.60 m, profondeurs d'arrêts de ces sondages et en SP101, SC101, SP102, SC106 et SP106 jusqu'à une profondeur variant entre 3.30 m et 5.20 m / TA. On peut attribuer cette formation aux alluvions anciennes sablo-graveleuses de l'Yonne.

Leurs caractéristiques mécaniques sont globalement moyennes à élevées :

$$0.31 \leq p_l^* \leq 2.97 \text{ MPa}$$

$$6.59 \leq E_M \leq 30.2 \text{ MPa}$$

$$5.5 \leq R_d > 50.0 \text{ MPa}$$

Cet horizon a provoqué le refus de la pénétration dynamique en P102 à 2.30 m de profondeur avec $R_d > 50 \text{ MPa}$.

Des analyses en laboratoire ont été réalisées sur des échantillons prélevés dans cet horizon. Les résultats sont les suivants (résultats détaillés en annexes) :

Sondage	Prof. (m)	Nature géologique	Classification GTR	W _{OPN} (%)	ρ _d OPN (%)	Agressivité chimique	Matière organique (% MS)
SC101	2.00 à 2.30	Graviers sablo-argileux	B ₅	-	-	-	-
F106	0.30 à 2.50	Sable argileux à graviers	B ₅ th	9.0	2.01	Faible, classe < AX1	2.0

Nous sommes en présence de sols à dominance sablo-graveleux avec plus ou moins de matrice limoneuse de classes GTR B₅. Ces sols sont généralement très sensibles à l'eau et sujets au matelassage à l'état « h ».

- **de l'argile +/- sableuse brun vert à verte** identifiée dans le sondage SC101 jusqu'à 6.00 m, profondeur d'arrêt de ce sondage. On peut attribuer cette formation aux argiles et sables d'âge Albien.

- **de l'argile grise** identifiée dans les sondages SP101, SP102, SP106, SC106 et SP108 jusqu'à 6.00 m à 8.00 m, profondeurs d'arrêts de ces sondages. On peut attribuer cet horizon à la formation argileuse d'âge Albien ou Barrémien.

Ses caractéristiques mécaniques sont moyennes à élevées :

$$0.68 \leq p_l^* \leq 2.87 \text{ MPa}$$

$$4.54 \leq E_M \leq 23.5 \text{ MPa}$$

Des analyses en laboratoire ont été réalisées sur des échantillons prélevés dans cet horizon. Les résultats sont les suivants (résultats détaillés en annexes) :

Sondage	Prof. (m)	Nature géologique	Classification GTR
SC106	5.30 à 5.45	Argile brun à beige	A ₃ h

Nous sommes en présence de sols à dominance argileuse et très plastique, de classe GTR A₃, dans un état hydrique « h ». Ces sols sont généralement moyennement sensibles à l'eau, très sensibles au phénomène de retrait / gonflement et deviennent très collant et glissant.

Ind. B

Les essais au pénétromètre dynamique effectués en novembre 2016 ont mis en évidence les résultats suivants :

- dans le secteur Sud (essais P201 à P203) :

- présence de terrains mécaniquement très hétérogènes avec des portances faibles à élevées avec $1 < R_d < 28 \text{ MPa}$ en P201 et P202 sur toute la hauteur testée. Notons que ces essais ont été réalisés depuis un secteur décaissé et non remblayé par les travaux des archéologues (estimation à environ 0.40 m plus bas que l'ancien Terrain Naturel).

- présence de terrains décomprimés en P203 entre 0.00 m et 0.60 m de profondeur à mettre en lien avec une fouille archéologique ($R_d < 0.8$ MPa) puis des terrains présentant des caractéristiques mécaniquement faibles à élevées au-delà avec $1 < R_d < 20$ MPa.

- dans le secteur Nord (essais P204 à P206) :

- présence de terrains mécaniquement très hétérogènes avec des portances faibles à moyennes avec $1.5 < R_d < 20$ MPa. Un refus de la pénétration dynamique a été observé en P206 à 2.85 m de profondeur avec $R_d > 50$ MPa. Notons que seul l'essai P205 a été réalisé depuis la zone décaissée par les travaux des archéologues (estimation à environ 0.20 m plus bas que l'ancien Terrain Naturel).

* Bassins : sondages SC/Pz102 à SC/Pz 105, SC/Pz 107 et F116 à F120 :

- **de la terre végétale** identifiée au droit des sondages F116 à F120 sur 30 cm d'épaisseur.

- **des remblais** ont été identifiés dans le sondage F119 jusqu'à une profondeur de 1.20 m / TA. Ils sont constitués d'un limon argileux à graviers, blocs et débris de brique.

Compte-tenu de l'historique du site (ancienne gravière), les remblais pourront être localement plus épais entre nos points de sondages.

- **de l'argile marron, de l'argile marron +/- sableuse à graviers et à passées noires et du limon sableux à +/- de graviers** identifiées dans les sondages SC/Pz102, SC/Pz103 et SC/Pz107 jusqu'à 2.00 m à 3.00 m, profondeurs d'arrêts de ces sondages et en SC/Pz104, SC/Pz105 et F116, F117, F119 et F120 jusqu'à une profondeur variant entre 0.35 m et 2.90 m / TA. On peut attribuer cette formation pour partie à l'horizon remanié par les recherches archéologiques et aux alluvions modernes argilo-sableuses de l'Yonne.

Des analyses en laboratoire ont été réalisées sur des échantillons prélevés dans cet horizon. Les résultats sont les suivants (résultats détaillés en annexes) :

Sondage	Prof. (m)	Nature géologique	Classification GTR
SC102	0.70 à 0.80	Argile sableuse	B ₆
SC102	1.00 à 1.15	Argile sableuse	A _{3h}
SC102	1.85 à 2.00	Argile sableuse à graviers	A ₄
SC103	1.00 à 1.50	Argile sableuse	B ₅
SC103	1.80 à 2.00	Argile sableuse	B ₆
SC107	0.15 à 0.30	Argile sableuse à graviers	A ₁
SC107	1.35 à 1.50	Argile sableuse à graviers	B _{6s}

Nous sommes en présence de sols à dominance argilo-limono-sableuse moyennement plastique et de classes GTR B₅, B₆, A₁, A₃, A₄ dans un état hydrique « h ». Les sols B₅, B₆ et A₁ sont généralement sensibles à l'eau et sujets au matelassage dès l'état « h ». Les sols classés A₃ et A₄ sont très plastiques, sujets aux phénomènes de retrait / gonflement et deviennent rapidement collants et glissants.

Sondage	Prof. (m)	Nature géologique	Agressivité chimique	Matière organique (% MS)
F117	0.30 à 2.40	Argile sableuse	Faible, classe < AX1	3.5
F120	0.30 à 2.50	Argile sableuse	Faible, classe < AX1	2.1

Des essais d'aptitude au traitement ont été réalisés sur des échantillons. Les résultats obtenus sont les suivants :

Sondage	Prof. (m)	W _{OPN} (%)	ρ_d OPN	Dosage	Gonflement	Conclusion
F117	0.30 à 2.40	20.8	1.62	1.5 % de chaux	1.39 %	Traitement adapté
F120	0.30 à 2.90	16.5	1.78	1.5 % de chaux	1.84 %	Traitement adapté

Des essais de cisaillement rectiligne ont également été réalisés, les résultats sont les suivants :

			Cisaillement direct	
Sondage	Prof. (m)	Nature géologique	C' (kPa)	ϕ' (°)
SC102	0.00 à 0.70	Limon sableux	5	38
SC102	1.60 à 1.80	Argile sableuse	28	18
SC103	1.00 à 1.50	Argile sableuse	7	29
SC103	2.70 à 2.90	Argile sableuse à graviers	15	31
SC107	1.35 à 1.50	Argile sableuse à graviers	5	35

Les résultats détaillés de ces analyses figurent en annexe.

- **des sables et graviers +/- argileux ou limoneux** identifiés en SC/Pz104, SC/PZ105, F116 à F120 jusqu'à 3.00 m à 4.00 m, profondeurs d'arrêts de ces sondages. On peut attribuer cette formation aux alluvions anciennes sablo-graveleuses de l'Yonne.

Sondage	Prof. (m)	Nature géologique	Classification GTR
SC104	0.50 à 1.00	Graviers à matrice argilo-sableuse	B ₄
SC104	3.15 à 3.30	Graviers à matrice sablo-limoneuse	B ₃
SC105	2.10 à 2.25	Sables et graviers +/- argileux	B ₄
SC105	3.00 à 3.15	Sables et graviers +/- argileux	B ₃

Nous sommes en présence de sols à dominance sablo-graveleuse avec plus ou moins de matrice de classes GTR B₃ et B₄. Les sols B₃ sont généralement insensibles à l'eau. Ils peuvent cependant le devenir quand ils sont extraits sous-nappe. Les sols B₄, de part la matrice argileuse sont sensibles à l'eau.

Des essais d'aptitude au traitement ont été réalisés sur des échantillons prélevés dans cet horizon. Les résultats obtenus sont les suivants :

Sondage	Prof. (m)	WOPN (%)	ρ_d OPN	Dosage	Gonflement	Conclusion
F116	2.20 à 3.90	10.5	1.98	1.5 % de chaux	1.26 %	Traitement adapté
F118	1.60 à 2.30	5.5	1.89	1.5 % de chaux	0.53 %	Traitement adapté
F119	2.10 à 3.00	9.7	1.95	1.5 % de chaux	0.60 %	Traitement adapté

* Parking PL : essais P131 à P142 :

Les sondages effectués en mai 2015 à l'aide d'une pelle mécanique par RSK Environnement (S1 à S21) dans le cadre d'un audit environnemental de ce secteur ont mis en évidence les formations suivantes :

- **des remblais** ont été identifiés dans les sondages S1, S3 à S9, SC11 à SC13, S15 et S18 à S20 jusqu'à 3.00 m à 8.00 m, profondeurs d'arrêts de ces sondages et en S2, S14 à S17 jusqu'à 1.70 m à 6.50 m de profondeur par rapport au TA. **Ils sont constitués de limon ou d'argile +/- graveleux(se) marron, rouge, noir, vert, grisâtre-verdâtre et/ou de sables et graviers noirâtres à débris de briques, bois, plastiques, ferrailles, carrelage, PVC, calcaire, verre, béton et enrobé. Des odeurs d'hydrocarbures, d'enrobé et de matière organique ont été relevées au droit de ces sondages.**

- **une argile +/- limoneuse marron à passages noirâtres** identifiée en S15 et S16 jusqu'à 5.00 m à 6.00 m, profondeurs d'arrêts de ces sondages. On peut attribuer cette formation aux alluvions modernes argileuses de l'Yonne.

- **des sables et graviers** identifiés en S2, S10, S14 et S17 jusqu'à 3.00 m à 7.50 m, profondeurs d'arrêts de ces sondages. On peut attribuer cette formation aux alluvions anciennes sablo-graveleuses de l'Yonne.

NOTA : Pour plus de détails, il conviendra de se reporter au rapport de RSK Environnement référencé 703618-R1 (01) en date du 26 juin 2015.

Les essais au pénétromètre dynamique effectués en mai 2016 ont mis en évidence les résultats suivants :

- présence de terrains mécaniquement très hétérogènes avec des portances faibles à moyennes avec $1 < R_d < 10$ MPa.

Des passées décomprimées ($R_d < 0.8$ MPa) ont été observées en :

- P132 entre 0.00 m et 2.80 m/TA ;

- P139 entre 1.50 m et 4.20 m/TA ;

- P140 entre 1.00 m et 6.00 m/TA ;

- P141 entre 0.00 m et 2.60 m/TA.

Ind. B

* Merlons dans le secteur Sud :

Des analyses en laboratoire ont été réalisées sur des échantillons prélevés dans 7 merlons de terre issus des travaux des archéologues et de terrassement des bassins. Les résultats sont les suivants (résultats détaillés en annexes) :

Sondage	Nature géologique	Classification GTR
Merlon 1	Sable argileux marron foncé	B ₅
Merlon 2	Argile sableuse marron clair	A ₁
Merlon 3	Argile sablo-graveleuse	A ₂ s
Merlon 4	Argile sableuse marron clair	A ₂ th
Merlon 5	Argile sableuse marron clair et grise	A ₂ h
Merlon 6	Argile sablo-graveleuse marron foncé	A ₁
Merlon 7	Argile sableuse marron foncé	A ₁

Sondage	Nature géologique	Matière organique (% MS)
Merlon 1	Sable argileux marron foncé	2.0
Merlon 2	Argile sableuse marron clair	2.4
Merlon 3	Argile sablo-graveleuse	2.7
Merlon 4	Argile sableuse marron clair	2.0
Merlon 5	Argile sableuse marron clair et grise	4.1
Merlon 6	Argile sablo-graveleuse marron foncé	1.8
Merlon 7	Argile sableuse marron foncé	1.9

Les résultats des mesures de la teneur en matière organique donnent des teneurs en matière organique faibles (< 5 %).

Des essais d'aptitude au traitement ont été réalisés sur des échantillons. Les résultats obtenus sont les suivants :

Sondage	W _{OPN} (%)	ρ_d OPN	Dosage	Gonflement	Conclusion
Merlon 3	16.7	1.76	1 % de chaux	1.71 %	Traitement adapté
Merlon 4	15.7	1.74	2 % de chaux	2.27 %	Traitement adapté
Merlon 5	20.5	1.67	1 % de chaux	1.36 %	Traitement adapté
Merlon 6	10.9	1.89	2 % de chaux	1.13 %	Traitement adapté

Les résultats des essais d'aptitude mettent en évidence un traitement adapté des terrains à 1 et 2% de chaux.

III.1.2. RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE DE 2014 (G2-AVP)

* Nouvelles voiries, pose des réseaux et noues : sondages F1, F10 à F12, F17, F18, F21 à F30 et F41, F44, P1 à P5, ST1, ST5 à ST10 et ST13.

- **de la terre végétale** sur 20 à 35 cm d'épaisseur identifiée dans tous les sondages.

- **de l'argile marron, de l'argile marron +/- sableuse à graviers et du sable marron +/- argileux à passées noires** identifiés dans tous les sondages jusqu'à une profondeur variant entre 0.70 m et 5.00 m / TA. On peut attribuer cette formation aux alluvions argilo-sableuses de l'Yonne.

Ses caractéristiques mécaniques sont très faibles à moyennes :

$$0.3 \leq R_d \leq 5.0 \text{ MPa}$$

Des analyses en laboratoire ont été réalisées sur des échantillons prélevés dans cet horizon. Les résultats sont les suivants (résultats détaillés en annexes) :

Sondage	Prof. (m)	Nature géologique	Classification GTR	W _{OPN} (%)	ρ _{d OPN} (%)	Agressivité chimique	Matière organique (% MS)
F1	0.50 à 1.00	Argile sableuse à rares graviers	A _{2h}	14.0	1.81	Faible, classe AX1	-
F11	0.60 à 1.60	Argile sableuse à graviers	A _{2m}	-	-	-	-
F12	0.30 à 1.10	Argile limoneuse	-	-	-	-	2.3
F18	0.80 à 1.20	Argile sableuse	A _{3h}	-	-	Non agressif, classe AX0	1.7
F18	1.90 à 2.10	Sable argileux à graviers	-	-	-	-	1.2
F22	0.40 à 0.60	Sable argileux à graviers	A ₁	-	-	Faible, classe AX1	-
F23	0.50 à 0.80	Argile sableuse à graviers	A _{2m}	-	-	-	-

Nous sommes en présence de sols à dominance argilo-limono-sableuse peu plastique à très plastique et de classes GTR A₁, A₂ et A₃ dans des états hydriques « m » à « h ». Ces sols sont généralement sensibles à l'eau et sujets au matelassage dès l'état « h ». Les sols classés A₃ sont très plastiques, sujets aux phénomènes de retrait / gonflement et deviennent rapidement collants et glissants.

- **des sables et graviers +/- argileux** identifiés dans les sondages ST7, ST9, F10, F18, jusqu'à une profondeur variant entre 2.60 m et 5.00 m / TA. On peut attribuer cette formation aux alluvions sablo-graveleuses de l'Yonne.

Leurs caractéristiques mécaniques sont élevées :

$$6.0 \leq R_d \leq 20.0 \text{ MPa}$$

Des analyses en laboratoire ont été réalisées sur des échantillons prélevés dans cet horizon. Les résultats sont les suivants (résultats détaillés en annexes) :

Sondage	Prof. (m)	Nature géologique	Classification GTR	W _{OPN} (%)	ρ _{d OPN} (%)	Matière organique (% MS)
F17	0.40 à 1.00	Sables et graviers légèrement argileux	B ₅	11.6	1.89	1.0
F25	0.50 à 0.80	Sables et graviers	B ₅	-	-	-
F26	0.40 à 0.70	Sables et graviers	B ₅	-	-	1.5
F29	0.40 à 0.60	Sables et graviers argileux	B ₅	-	-	1.0
F44	0.70 à 1.30	Sable et graviers légèrement argileux	B ₅	10.3	1.97	-

Nous sommes en présence de sols à dominance sablo-graveleuse avec plus ou moins de matrice de classe GTR B₅. Ces sols sont généralement très sensibles à l'eau et sujets au matelassage à l'état « h ».

Des aptitudes au traitement ont été réalisées sur des échantillons prélevés en F17 et F44. Les résultats obtenus sont les suivants :

Sondage	Prof. (m)	Dosage	Gonflement	R _{tb}	Conclusion
F17	0.40 à 1.00	1 % de chaux + 6 % de CEM II	1.06 %	0.219 MPa	Traitement adapté
F44	0.70 à 1.30	1.5 % de chaux + 5 % de CEM II	0.56 %	0.237 MPa	Traitement adapté

Les résultats détaillés de ces analyses figurent en annexe.

- de l'argile sableuse verte +/- graveleuse et du sable argileux vert à bleuâtre identifiés dans les sondages ST6, ST8, ST13, F17 et F18 jusqu'à une profondeur variant entre 3.10 m et 7.00 m / TA. On peut attribuer cette formation aux argiles et sables d'âge Albien +/- altérés.

Leurs caractéristiques mécaniques sont moyennes à élevées :

$$4.0 \leq R_d \leq 15 \text{ MPa}$$

- de l'argile grise identifiée uniquement dans le sondage ST13 jusqu'à une profondeur de 8.00 m / TA, profondeur d'arrêt de la reconnaissance. On peut attribuer cet horizon à la formation argileuse d'âge Albien ou Barrémien.

* Bassins de rétention, d'infiltration et séparateurs d'hydrocarbures : sondages SP1 à SP3, F2 à F5, F13 à F16, SC1 à SC3, ST2, ST3, ST11 et ST12.

- Secteur Sud – sondages SP1, SC1, F2 à F5 et ST11 :

- **de la terre végétale** sur 20 à 35 cm d'épaisseur identifiée dans tous les sondages.

- **de l'argile marron et de l'argile marron +/- sableuse à graviers et à passées noires** identifiées dans tous les sondages jusqu'à une profondeur variant entre 1.00 m et 3.70 m / TA. On peut attribuer cette formation aux alluvions argilo-sableuses de l'Yonne.

Leurs caractéristiques mécaniques sont très faibles (2 essais pressiométriques) :

$$0.15 \leq p_l^* \leq 0.26 \text{ MPa}$$

$$1.98 \leq E_M \leq 2.85 \text{ MPa}$$

Des analyses en laboratoire ont été réalisées sur des échantillons prélevés dans cet horizon. Les résultats sont les suivants (résultats détaillés en annexes) :

Sondage	Prof. (m)	Nature géologique	Classification GTR	IPI	Matière organique (% MS)
F2	1.70 à 2.10	Argile légèrement sableuse	-	-	2.2
F5	1.00 à 1.50	Sable argilo-graveleux	A ₂ ts	28.5	2.7

Nous sommes en présence de sols à dominance argilo-limono-sableuse peu moyennement plastique de classes GTR A₂ dans un état hydrique « ts ». Ces sols sont généralement sensibles à l'eau et sujets au matelassage dès l'état « h ».

- **des sables et graviers +/- argileux et de l'argile sablo-graveleuse** identifiés dans tous les sondages sauf en F2 jusqu'à une profondeur variant entre 2.60 m / TA et 5.00 m / TA. On peut attribuer cette formation aux alluvions sablo-graveleuses de l'Yonne.

Leurs caractéristiques mécaniques sont moyennes à élevées :

$$0.69 \leq p_l^* \leq 2.18 \text{ MPa}$$

$$5.14 \leq E_M \leq 37.3 \text{ MPa}$$

- **de l'argile finement sableuse brune à rares graviers** identifiée dans les sondages ST6, ST8, ST13, F17 et F18 jusqu'à une profondeur variant entre 3.30 m et 5.00 m / TA. On peut attribuer cette formation aux argiles et sables d'âge Albien +/- altérés.

- **de l'argile grise** identifiée dans les sondages SP1, ST2, ST11 et SC1 jusqu'à leur base soit à une profondeur compris entre 5.00 m et 8.00 m / TA. On peut attribuer cet horizon à la formation argileuse d'âge Albien ou Barrémien.

Ses caractéristiques mécaniques sont élevées :

$$1.32 \leq p_l^* \leq 1.79 \text{ MPa}$$

$$9.39 \leq E_M \leq 20.8 \text{ MPa}$$

- Secteur Nord :

· Bassin d'infiltration – sondages SP2, ST3, ST12, SC2, F13 et F14

- **des remblais** ont été identifiés dans tous les sondages jusqu'à une profondeur variant entre 0.30 m et 4.20 m / TA. Ils sont constitués d'un mélange en proportion variable d'argile, sables et graviers, débris de terre cuite et de blocs.

Ses caractéristiques mécaniques sont modestes (1 seul essai pressiométrique) :

$$p_l^* \approx 0.59 \text{ MPa}$$

$$E_M \approx 5.13 \text{ MPa}$$

Compte-tenu de l'historique du site (ancienne gravière), les remblais pourront être localement plus épais entre nos points de sondages.

- **des sables et graviers +/- argileux et de l'argile sablo-graveleuse** identifiés dans tous les sondages sauf en F2 jusqu'à une profondeur variant entre 3.60 m et 8.00 m / TA. On peut attribuer cette formation aux alluvions sablo-graveleuses de l'Yonne.

Leurs caractéristiques mécaniques sont élevées à très élevées :

$$2.09 \leq p_l^* \leq 7.44 \text{ MPa}$$

$$18.2 \leq E_M \leq 65.7 \text{ MPa}$$

Des analyses en laboratoire ont été réalisées sur des échantillons prélevés dans cet horizon. Les résultats sont les suivants (résultats détaillés en annexes) :

Sondage	Prof. (m)	Nature géologique	Classification GTR	W _{OPN} (%)	ρ _{d OPN} (%)	Agressivité chimique	Matière organique (% MS)
F13	1.00 à 1.50	Argile sableuse à graviers, blocs, ...	-	-	-	Non agressif, classe AX0	1.5
F14	1.00 à 2.00	Limon sableux à graviers	B ₅	10.3	1.98	-	1.9
F14	3.50 à 3.80	Sables et graviers à +/- matrice argileuse	-	-	-	-	3.1

Nous sommes en présence de sols à dominance sablo-graveleuse avec plus ou moins de matrice de classes GTR B₅. Ces sols sont généralement très sensibles à l'eau et sujets au matelassage à l'état « h ».

Une aptitude au traitement a été réalisée sur des échantillons prélevés en F14. Les résultats obtenus sont les suivants :

Sondage	Prof. (m)	Dosage	Gonflement	Conclusion
F14	1.00 à 2.00	2 % de chaux	1.11 %	Traitement adapté

- **de l'argile finement sableuse marron à de l'argile grise** identifiée uniquement dans les sondages SP8 et ST12 jusqu'à leur base soit à une profondeur de 8.00 m / TA. On peut attribuer cette formation aux argiles et sables d'âge Albien +/- altérés.

Ses caractéristiques mécaniques sont moyennes à élevées :

$$0.88 \leq p_l^* \leq 1.31 \text{ MPa}$$

$$9.28 \leq E_M \leq 15.1 \text{ MPa}$$

· Bassin de stockage – sondages SP3, ST4, SC3, F15 et F16

- **de la terre végétale** sur 20 à 35 cm d'épaisseur identifiée dans tous les sondages.

- **de l'argile sableuse à +/- de graviers** identifiée dans les sondages SP3, SC3 et F16 jusqu'à une profondeur variant entre 0.55 m et 1.50 m / TA. On peut attribuer cette formation aux alluvions argilo-sableuses de l'Yonne.

Ses caractéristiques mécaniques sont modestes (1 seul essai pressiométrique) :

$$p_l^* \approx 0.50 \text{ MPa}$$

$$E_M \approx 5.55 \text{ MPa}$$

- **des sables et graviers à petits galets +/- argileux** identifiés dans tous les sondages jusqu'à une profondeur variant entre 3.10 m et 8.00 m / TA. On peut attribuer cette formation aux alluvions sablo-graveleuses de l'Yonne.

Leurs caractéristiques mécaniques sont à élevées :

$$2.35 \leq p_l^* \leq 3.34 \text{ MPa}$$

$$14.4 \leq E_M \leq 22.9 \text{ MPa}$$

- **de l'argile grise** identifiée uniquement dans le sondage SP3 jusqu'à sa base soit à une profondeur de 8.00 m / TA. On peut attribuer cet horizon à la formation argileuse d'âge Albien ou Barrémien.

* Mare biotope : sondages F6 à F9, F41 à F43

- **de la terre végétale** sur 20 à 30 cm d'épaisseur identifiée dans tous les sondages.

- **de l'argile +/- limoneuse marron et/ou +/- sableuse et du sable limoneux ou argileux gris brun à beige** identifiés dans tous les sondages jusqu'à leur base soit à une profondeur variant entre 1.70 m et 3.80 m / TA. On peut attribuer cette formation aux alluvions argilo-sableuses de l'Yonne.

Des analyses en laboratoire ont été réalisées sur des échantillons prélevés dans cet horizon. Les résultats sont les suivants (résultats détaillés en annexes) :

Sondage	Prof. (m)	Nature géologique	Classification GTR	W _{OPN} (%)	ρ _{d OPN} (%)	IPI	Matière organique (% MS)
F6	1.00 à 1.50	Argile sableuse	A _{2h}	14.0	1.81	-	-
F9	1.50 à 2.00	Sable argilo-graveleux	A ₁	-	-	28.50	-
F42	0.80 à 1.20	Argile légèrement sableuse	-	-	-	-	2.2

Nous sommes en présence de sols à dominance argilo-limono-sableuse peu à moyennement plastique et de classes GTR A₁ et A₂ dans un état hydrique « h ». Ces sols sont généralement sensibles à l'eau et sujets au matelassage dès l'état « h ».

* Réfection de la RD 319 : sondages SC10 à SC14 :

- **de l'enrobé** sur 5 à 15 cm d'épaisseur identifié dans tous les sondages.

- **des remblais** ont été identifiés dans tous les sondages jusqu'à une profondeur variant entre 0.53 m et 1.07 m / TA. Ils sont constitués d'un concassé calcaire et/ou d'un mélange de silex, sables et graviers à plus ou moins de matrice argileuse.

Les remblais pourront être localement plus épais entre nos points de sondages.

- **du sable fin brun beige plus ou moins argileux ou à graviers** identifié dans tous les sondages sauf en SC10 jusqu'à leur base soit à une profondeur variant entre 1.06 m et 1.15 m / TA. On peut attribuer cette formation aux alluvions argilo-sableuses de l'Yonne.

III.2. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

Signalons que, selon les décrets n°2010-1254 et 1255 du 22 octobre 2010 portant sur la prévention du risque sismique, la commune d'APPOIGNY est inscrite en zone de sismicité 1 (très faible), sans prescription particulière.

Dans les formations alluvionnaires rencontrées, il n'est pas rare de constater des variations latérales de faciès (dépôts lenticulaires). Ainsi il sera toujours possible d'observer des niveaux plus graveleux ou sableux dans l'horizon à dominante argileuse et des niveaux plus argileux ou limoneux dans l'horizon à dominante sablo-graveleuse. Cette particularité s'accompagne d'hétérogénéités des caractéristiques mécaniques.

Le toit des sables et argiles d'âge Albien et/ou Barrémien correspond à une surface d'érosion et d'altération. Par conséquent, il sera toujours possible de rencontrer des sur-profondeurs ou des remontées du toit des sables et des argiles plus importantes que celles observées dans nos sondages.

D'après notre recherche documentaire, le site est concerné par la présence d'anciennes gravières notamment au droit du futur bassin d'infiltration du secteur Nord. Il appartiendra aux Responsables du Projet de mener une enquête minière auprès des Services Compétents (Commune, DRIRE, DDE, BRGM, IGC, associations de spéléologie, associations historiques locales, ...) de façon à estimer le risque de carrières au droit de l'ensemble du projet.

La commune d'APPOIGNY a fait l'objet de plusieurs arrêtés de catastrophe naturelle de type « Inondations, coulées de boue et/ou mouvements de terrain » entre 1993 et 2001.

Les terrains argileux sont sensibles au phénomène de retrait/gonflement (aléa faible à moyen au droit du site – Source : www.argiles.fr).

Le projet ne se situe pas en zone inondable par débordement de l'Yonne (Source : www.cartorisque.prim.net/) et par remontée de nappe (Source : www.inondationsnappes.fr).

Enfin, il est important de souligné l'impact des vastes fouilles archéologiques entre 2014 et 2016 qui constituent un des aléas majeurs sur ce projet avec des épaisseurs remaniées +/- importantes.

III.3. HYDROGEOLOGIE

Les terrains sont baignés par la nappe de l'Yonne

Lors de la campagne de la G2-AVP, en septembre-octobre 2014, nous avons observé les niveaux d'eau suivants dans les sondages :

Sondages	SP1	SP2	SP3	SC1	SC2	SC3
Cote NGF / Tête de sondage	98.75	96.70	97.30	98.75	97.05	97.20
Prof niveau d'eau en fin de forage (m)	2.70	3.80	4.10	1.50	3.80	3.00
Cote NGF du niveau d'eau en fin de forage	96.05	92.90	93.20	97.25	93.25	94.20

Sondages	F1	F3	F4	F5	F13	F17	F18
Cote NGF / Tête de sondage	109.00	99.40	99.25	99.25	96.00	98.00	97.60
Prof niveau d'eau en fin de forage (m)	1.00*	3.20	3.40	3.20	3.50	2.60	1.90
Cote NGF du niveau d'eau en fin de forage	108.00	96.20	95.85	96.05	95.50	95.40	95.70

* suintement

Sondages	F29	F30
Cote NGF / Tête de sondage	96.80	97.55
Prof niveau d'eau en fin de forage (m)	0.90*	0.70*
Cote NGF du niveau d'eau en fin de forage	95.90	96.85

* suintement

Pour les sondages ST1 à ST13, la méthodologie de foration employée avec injection d'eau n'a pas permis de définir le niveau d'eau.

Lors de la présente campagne de la G2-PRO, en avril-mai 2016, nous avons observé les niveaux d'eau suivants dans les sondages :

Sondages	F101	F102	F104	F105	F106	F107	F108	F109
Cote NGF / Tête de sondage	97.75	97.50	100.30	98.50	97.05	100.50	97.90	99.25
Niveau d'eau en fin de forage prof. (m)	2.00	1.70	2.80	3.00	2.50	0.30	2.30	1.70
Cote NGF du niveau d'eau en fin de forage	95.75	95.80	97.5	95.50	94.55	100.2	95.6	97.55

Sondages	F110	F112	F113	F115	F116	F117	F118	F119
Cote NGF / Tête de sondage	100.05	103.50	100.50	106.85	96.70	98.00	96.35	96.45
Niveau d'eau en fin de forage prof. (m)	0.00	4.00	2.50	2.50	0.00	1.90	2.70	2.40
Cote NGF du niveau d'eau en fin de forage	100.05	9.50	98.00	104.35	96.70	96.10	93.65	94.05

Sondages	F120	SC101	SC103	SC104	SC105	SC106	SC107	F108
Cote NGF / Tête de sondage	99.40	98.05	96.70	97.05	96.45	98.40	99.40	105.90
Niveau d'eau en fin de forage prof. (m)	1.10	0.00	0.40	3.00	3.00	3.40	0.00	0.20
Cote NGF du niveau d'eau en fin de forage	98.30	98.05	96.30	94.05	93.45	98.00	99.40	105.70

Sondages	SP101	SP102	SP106	SP108
Cote NGF / Tête de sondage	98.05	97.70	98.40	105.90
Niveau d'eau en fin de forage prof. (m)	1.00	0.50	3.00	0.20
Cote NGF du niveau d'eau en fin de forage	97.05	97.20	95.40	105.70

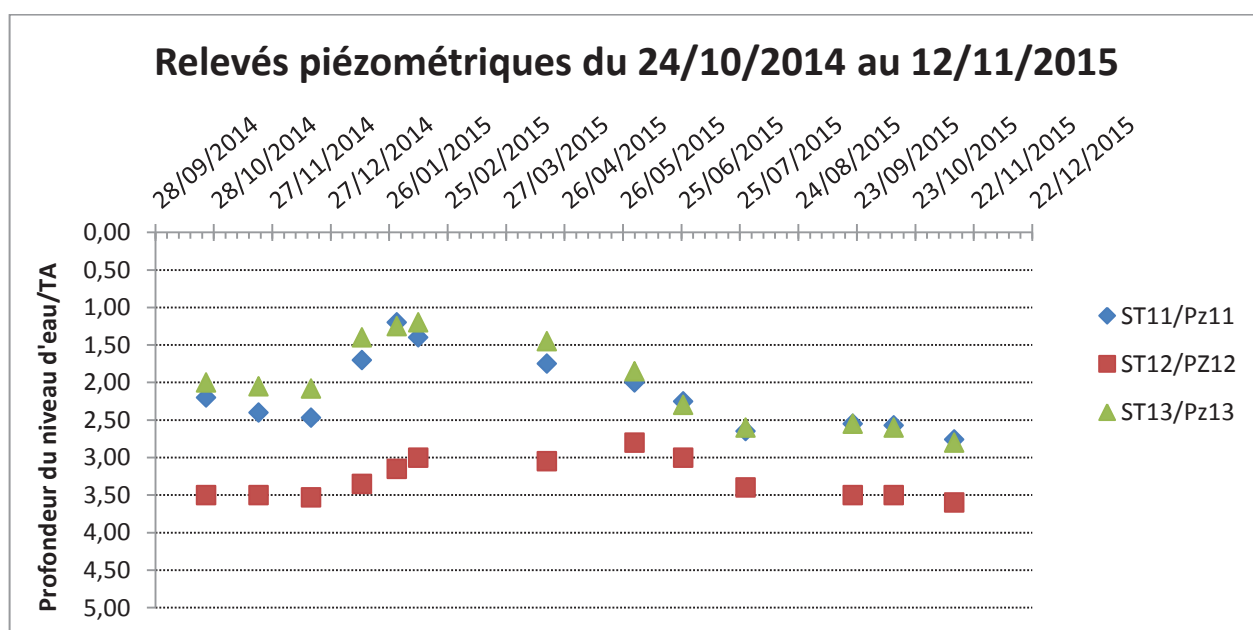
Remarque : les niveaux d'eau mesurés en fin de forage ne correspondent pas forcément à un niveau de nappe complètement stabilisé.

Des variations saisonnières de la nappe de l'Yonne sont à prévoir.

Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser les variations du niveau d'eau et les circulations d'eau superficielles qui peuvent se produire en période pluvieuse ou lors des crues de l'Yonne.

Trois piézomètres profonds (Pz11, Pz12 et Pz13) ont été posés sur le site depuis octobre 2014. Un suivi du niveau d'eau des piézomètres a été mené par GEOTEC jusqu'en novembre 2015 afin de connaître ses fluctuations. Les relevés sont les suivants :

Date	Sondage / Piézomètre					
	ST11 / Pz11 (bassin Sud)		ST12 / Pz12 (bassin d'orage 2)		ST13 / Pz13 (voirie centrale – secteur Nord)	
	Profondeur en m/TA	Cote NGF (TA : 98.70 NGF)	Profondeur en m/TA	Cote NGF (TA : 96.50 NGF)	Profondeur en m/TA	Cote NGF (TA : 98.50 NGF)
24/10/2014	2.20	96.50	3.50	93.00	2.00	96.50
20/11/2014	2.40	96.30	3.50	93.00	2.05	96.45
17/12/2014	2.47	96.23	3.53	92.97	2.08	96.42
12/01/2015	1.70	97.00	3.35	93.15	1.40	97.10
30/01/2015	1.20	97.50	3.15	93.35	1.25	97.25
10/02/2015	1.40	97.30	3.00	93.50	1.20	97.30
17/04/2015	1.75	96.95	3.05	93.45	1.45	97.05
01/06/2015	2.00	96.70	2.80	93.70	1.85	96.65
26/06/2015	2.25	96.45	3.00	93.50	2.30	96.20
28/07/2015	2.65	96.05	3.40	93.10	2.60	95.90
21/09/2015	2.55	96.15	3.50	93.00	2.55	95.95
12/10/2015	2.57	96.13	3.50	93.00	2.60	95.90
12/11/2015	2.76	95.94	3.60	92.90	2.80	95.70



Ind. B

Le suivi piézométrique (du 24/10/2014 au 12/11/2015) met en évidence :

- Bassin d'eaux pluviales – zone Sud (Pz11) : un niveau d'eau variant entre 1.20 m et 2.76 m de profondeur par rapport au TA (soit entre les cotes 95.94 m NGF et 97.50 m NGF),

- Bassin d'orage Nord (Pz12) : un niveau d'eau variant entre 2.80 m et 3.60 m de profondeur par rapport au TA (soit entre les cotes 92.90 m NGF et 93.70 m NGF),
- Pz13 : un niveau d'eau variant entre 1.20 m et 2.80 m de profondeur par rapport au TA (soit entre les cotes 95.70 m NGF et 97.30 m NGF).

Notons que les piézomètres Pz11 et Pz13 évoluent de manière très similaires. Le piézomètre Pz12, quant à lui, met en évidence un niveau situé environ 3.00 m à 4.00 m en dessous des deux autres piézomètres. Ce dernier mesure un horizon pouvant correspondre au toit de la nappe de l'Yonne. Les piézomètres Pz11 et Pz13 mettent en évidence des niveaux de nappes perchées dans les formations peu perméables plus superficiels.

D'après nos recherches documentaires, dans le PPRi d'APPOIGNY (Juin 2016), le NPHE de l'Yonne en crue est estimé au niveau du profil 980 à la cote 90.50 m NGF (zone hôtelière). Sur l'emprise du parc d'activités, ce NPHE varie entre les cotes 90.73 m NGF sur la partie amont (zone Sud du parc) à 90.45 m NGF par la partie aval (zone Nord du parc) (Cf. Dossier Loi sur l'Eau de SAGE ENVIRONNEMENT du 26 novembre 2015).

D'après les caractéristiques des bassins (Cf. § VIII. ETUDE DES BASSINS ci-après), ils ne seront donc pas sujet au NPHE de l'Yonne mais bien à des niveaux d'eau (nappes perchées) au sein des horizons +/- perméables du site.

III.4. ESSAIS DE PERMEABILITE

- **Campagne de 2014 :**

Lors de la campagne de 2014, quatorze essais de perméabilité de type Matsuo avaient été réalisés dans les terrains superficiels. Ils avaient consisté à mesurer la vitesse d'abaissement d'un niveau d'eau dans un sondage de dimension connue. Ces essais avaient donné les résultats suivants :

Voiries				
Sondage/Essai	F21/E21	F22/E22	F23/E23	F24/E24
Profondeur de l'essai en m/TA	0.30 à 1.00	0.30 à 1.10	0.20 à 1.10	0.20 à 1.10
Nature des sols testés	Argile sableuse à sable limoneux	Sable limoneux à argile sableuse		Argile sablo-limoneuse
Perméabilité K en m/s	2.10^{-6}	3.10^{-6}	5.10^{-6}	2.10^{-6}
Perméabilité K en mm/h	7.2	10.8	18	7.2

Voiries				
Sondage/Essai	F25/E25	F26/E26	F27/E27	F28/E28
Profondeur de l'essai en m/TA	0.30 à 1.10	0.30 à 1.10	0.25 à 1.20	0.30 à 1.10
Nature des sols testés	Sable et argile sableuse	Sable à argile sableuse à graviers		Sable limoneux à argile sableuse
Perméabilité K en m/s	3.10^{-6}	7.10^{-6}	2.10^{-6}	3.10^{-6}
Perméabilité K en mm/h	10.8	25.2	7.2	10.8

Voiries			
Sondage/Essai	F29/E29	F30/E30	F44/E44
Profondeur de l'essai en m/TA	0.30 à 1.10	0.30 à 1.10	3.00
Nature des sols testés	Sable argileux à argile sableuse		Sable limoneux puis argile sableuse
Perméabilité K en m/s	4.10^{-6}	3.10^{-6}	3.10^{-7}
Perméabilité K en mm/h	14.4	10.8	1.1

Des essais de perméabilité de type Lefranc avaient été réalisés au droit des futurs bassins et des voiries. Ces essais avaient donné les résultats suivants :

Voiries				
Sondage/Essai	ST1/EL1	ST1/EL2	ST5/EL9	ST5/EL10
Profondeur de l'essai en m/TA	2.50 à 3.50	4.00 à 5.00	2.50 à 3.50	4.00 à 5.00
Nature des sols testés	Sable argileux marron beige	Argile légèrement sableuse marron	Argile à graviers	Argile sableuse beige
Perméabilité K en m/s	$8.7.10^{-7}$	$2.0.10^{-8}$	$1.4.10^{-7}$	$1.3.10^{-7}$
Perméabilité K en mm/h	3.1	< 0.1	0.5	0.5

Voiries				
Sondage/Essai	ST6/EL11	ST6/EL12	ST7/EL13	ST7/EL14
Profondeur de l'essai en m/TA	2.50 à 3.50	4.00 à 5.00	2.50 à 3.50	4.00 à 5.00
Nature des sols testés	Argile marron à graviers	Argile sableuse verdâtre à graviers	Sable argileux à graviers	
Perméabilité K en m/s	$3.7.10^{-7}$	$1.2.10^{-5}$	$8.2.10^{-7}$	$1.8.10^{-7}$
Perméabilité K en mm/h	1.3	43.2	3.0	0.6

Voiries				
Sondage/Essai	ST8/EL15	ST8/EL16	ST9/EL17	ST9/EL18
Profondeur de l'essai en m/TA	2.50 à 3.50	4.00 à 5.00	2.50 à 3.50	4.00 à 5.00
Nature des sols testés	Argile marron sableuse		Sable argileux à graviers	
Perméabilité K en m/s	$3.2.10^{-7}$	$1.6.10^{-6}$	$3.0.10^{-7}$	$3.1.10^{-7}$
Perméabilité K en mm/h	1.2	5.8	1.1	1.1

Voiries		
Sondage/Essai	ST10/EL19	ST10/EL20
Profondeur de l'essai en m/TA	2.50 à 3.50	4.00 à 5.00
Nature des sols testés	Argile marron beige sableuse	
Perméabilité K en m/s	$7.6.10^{-8}$	$4.4.10^{-8}$
Perméabilité K en mm/h	0.3	0.2

Bassin – secteur Sud		
Sondage/Essai	ST2/EL3	ST2/EL4
Profondeur de l'essai en m/TA	2.50 à 3.50	3.50 à 4.50
Nature des sols testés	Sable argileux à graviers	
Perméabilité K en m/s	$1.6.10^{-6}$	$1.2.10^{-6}$
Perméabilité K en mm/h	5.8	4.3

Bassin – secteur Nord				
Sondage/Essai	ST3/EL5	ST3/EL6	ST4/EL7	ST4/EL8
Profondeur de l'essai en m/TA	2.50 à 3.50	4.00 à 5.00	2.50 à 3.50	4.00 à 5.00
Nature des sols testés	Sable argileux à graviers			Sable et graviers
Perméabilité K en m/s	$1.3.10^{-6}$	$1.2.10^{-5}$	$1.3.10^{-6}$	$4.6.10^{-5}$
Perméabilité K en mm/h	4.7	43.2	4.7	166

Les valeurs mesurées correspondent à des perméabilités globalement faibles à moyennes.

A titre indicatif, la valeur limite inférieure généralement admise pour l'infiltration des EP est de 2 à 3.10^{-6} m/s soit 7.2 à 10.8 mm/h.

Ainsi, on retiendra une perméabilité peu favorable dans les horizons à dominance argileuse (classes GTR A₂ et A₃) et localement moyennement favorable à l'infiltration des eaux pluviales au droit du site dans les formations sablo-limoneux à graviers (classe GTR B₅) testées jusqu'à 5.00 m de profondeur / TA.

- **Campagne de 2016 :**

Lors de la campagne de 2016, des essais de perméabilité à l'oedomètre ont été réalisés dans les terrains superficiels au droit des bassins. Les premiers résultats ont donné les résultats suivants (d'autres essais sont encore en cours) :

Bassins			
Sondage	SC102	SC103	SC107
Profondeur de l'essai en m/TA	0.70 à 1.70	0.55 à 0.80	0.00 à 1.00
Nature des sols testés	Argile verdâtre à graviers	Limon sableux	Argile limoneuse marron
Perméabilité K en m/s	$4.9.10^{-8}$	$8.7.10^{-8}$	$3.7.10^{-9}$
Perméabilité K en mm/h	0.2	0.3	imperméable

La perméabilité mesurée en laboratoire sur les terrains superficiels sont très faibles.

Il est important de souligner que la perméabilité est étroitement liée à l'échelle d'observation et peut varier notamment en fonction de la fraction argileuse des terrains et de la quantité de sables et graviers.

Dans le cadre du dimensionnement de ces ouvrages, il appartient au concepteur du projet de prendre en compte un coefficient de sécurité sur la valeur de coefficient de perméabilité ou sur les volumes des ouvrages.

III.5. ESSAIS D'ÉPUISEMENT EN FOUILLE – ESTIMATIONS DES DÉBITS D'EXHAURE

III.5.1. ESSAIS D'ÉPUISEMENT

Pour chaque bassin de rétention, un essai d'épuisement en fouille a été réalisé. Cet essai a consisté à pomper dans la fouille puis à suivre, dans le piézomètre associé, les fluctuations du niveau d'eau.

	Bassin Nord 2	Bassin Nord 1		Bassin Sud
Sondages/Essais	F116 SC/Pz 103	F118-1 SC/Pz 104	F118-2 SC/Pz 104	F120 SC/Pz 107
Cote NGF de la tête du sondage	96.60	96.35		99.60
Profondeur de la fouille (m/TA)	4.00	3.30		2.80
Niveau NGF du fond de fouille	93.60	93.05		96.50
Nature géologique	Sable et graviers	Sables et graviers		Argile sableuse à graviers puis sables et graviers
Niveau piézométrique (m/TA)	2.20	2.70	2.70	1.10
Perméabilité estimée (m/s)	9.10^{-4}	8.10^{-4}	5.10^{-4}	5.10^{-4}

Les feuilles d'essais sont données en annexes.

Les perméabilités mesurées lors des essais d'épuisement sont bien supérieures à celles mesurées lors des essais d'infiltration de type Lefranc et/ou Matsuo lors de la campagne de reconnaissance de 2014. D'ailleurs, ce type d'essai est généralement plus représentatif (effet d'échelle par rapport à des essais Lefranc notamment).

Ind. B

III.5.2. ESTIMATIONS DES DEBITS D'EXHAURE

En utilisant la méthode de Schneebeli et à partir des essais d'épuisement, les débits d'exhaure peuvent être estimés.

Formule de Schneebeli :

$$Q = 2,5 \times k \times h \times \sqrt{S}$$

Avec : - Q : débit d'exhaure

- k : perméabilité mesurée ;

- h : hauteur d'eau à rabattre (cote NPHE de l'Yonne – cote fond de bassin) ;

- S : surface mouillée

- Hypothèses géométriques considérées/données d'entrée

Les caractéristiques géotechniques prises en compte, pour chaque bassin, sont les suivantes :

Bassin	Bassin Sud	Bassin Nord 1	Bassin Nord 2
Largeur (m)	16	61	55
Longueur (m)	107	151	61
Cote du fond du bassin (NGF)	97.70	95.05	93.80
Cote du niveau d'eau pris en compte (NGF)	99.40	94.05	96.30
Surface mouillée fond du bassin (m ²)	1712	-	2047
Surface mouillée des parois (m ²)	1324	-	1880

Remarque importante : Les niveaux d'eau pris en compte pour les calculs découlent uniquement du suivi piézométrique de Pz11, Pz12 et Pz13 effectué entre le 24/10/2014 et le 12/11/2015 et de niveaux d'eau mesurés en fin de forages concernés par les bassins (Pz11 et Pz107 pour le bassin Sud, Pz12, Pz104 et Pz105 pour le bassin Nord 1 et Pz103 pour le bassin Nord 2). Ces niveaux d'eau ne sont donc pas des niveaux d'eau pour un retour décennal et centennal. Seule une étude hydrogéologique spécifique permettra de déterminer de tels niveaux d'eau (NPHE local).

- Résultats

A partir des hypothèses géométriques ci-avant, et en fonction de la perméabilité estimée à l'aide des essais d'épuisements, un débit d'exhaure a pu être estimé pour chaque bassin en prenant en compte un niveau de NPHE de l'Yonne. Les résultats sont les suivants :

Bassin	Bassin Sud	Bassin Nord 1		Bassin Nord 2
Fouilles	F120	F118 -1	F118-2	F116
Perméabilité k estimée (m/s)	5.10^{-4}	8.10^{-4}	5.10^{-4}	8.10^{-4}
Surface mouillée totale (m ²)	3036	-		3927
Hauteur d'eau à rabattre (cote niveau d'eau pris en compte - cote fond de bassin) (m)	1.70	-		2.50
Débit d'exhaure estimé (m³/h)	420	-		1130

Ces débits d'exhaure sont très importants du fait de la dimension des bassins et de la perméabilité des terrains. De plus, ces débits d'exhaure ont été estimés en prenant en compte des niveaux d'eau relevés lors des investigations et du suivi de 3 piézomètres sur une année. Ils ne tiennent pas compte des venues d'eau erratiques superficielles (niveau d'eau sub-affleurant) aperçues lors des investigations.

A titre indicatif, en prenant en compte un « niveau d'eau » au niveau du terrain actuel, les débits d'exhaure estimés seraient alors les suivants :

Bassin	Bassin Sud	Bassin Nord 1		Bassin Nord 2
Fouilles	F120	F118 -1	F118-2	F116
Perméabilité k estimée (m/s)	5.10^{-4}	8.10^{-4}	5.10^{-4}	8.10^{-4}
Surface mouillée totale (m ²)	3036	11880		4180
Hauteur d'eau à rabattre (m)	1.70	2.00		2.90
Débit d'exhaure estimé (m ³ /h)	420	1570	980	1350

Notons toutefois que les valeurs de débits calculées ci-dessus seront à modérés suivant les conditions hydrogéologiques et hydrauliques au moment des travaux. Dans tous les cas, il conviendra de prévoir un dispositif de pompage important et surdimensionné. De plus, il devra être recherché un exutoire suffisant pour permettre l'évacuation des eaux pompées.

III.6. POLLUTION

Lors de notre intervention, nous n'avons détecté aucun indice évident de pollution dans les sondages réalisés (c'est-à-dire sous une forme détectable visuellement ou olfactivement).

Il n'est toutefois pas impossible que le terrain soit imprégné de substances polluantes. Cependant, la recherche de polluant n'est pas l'objet d'une mission géotechnique en général et de notre mission en particulier.

Observation importante : pendant les travaux de terrassement, une évacuation des terres en Installation de Stockage des Déchets Inertes (ISDI) sera ou pourra être nécessaire. Dans ce contexte, des analyses sur les sols devront peut-être être effectuées afin de vérifier leur compatibilité avec les seuils en vigueur définis dans l'arrêté du 28 octobre 2010 relatif aux ISDI. A titre informatif, les odeurs et une forte siccité sont des critères de refus en ISDI. En conséquence, les matériaux issus d'anciennes gravières remblayées voire certains niveaux alluvionnaires trop humides ou organiques pourront constituer une problématique lors de leur évacuation et pourront nécessiter une gestion spécifique. Nous conseillons de se rapprocher du maître d'ouvrage pour obtenir les différentes études « pollution » effectuées sur le site (études RSK).

*

*

*

IV - TERRASSEMENTS GENERAUX

D'après les profils en long de la voirie principale et des voiries secondaires, le projet nécessitera la création de remblais au maximum de 3.00 m de hauteur (globalement remblaiement entre 1.00 m et 1.50 m) et de profils rasants (déblais et remblais inférieurs à 1.00 m de hauteur).

IV.1. PREAMBULE / CONTRAINTES ARCHEOLOGIQUES

Nous rappelons qu'au droit du secteur d'étude, des fouilles archéologiques ont été réalisées (secteur Nord) et étaient encore en cours de réalisation (secteur Sud).

Ces fouilles ont affecté la totalité ou la presque totalité de la future voirie principale et des voiries secondaires.

Les investigations géotechniques effectuées après les travaux des archéologues ont mis en évidence une frange remaniée sur une épaisseur estimée variant de 0.60 m à 1.20 m. De plus, localement, des fouilles plus profondes ont également été effectuées.

Dans la partie Nord (secteurs archéologiques 1 et 2), sur la base des reconnaissances effectuées dans ces secteurs, nous pouvons considérer une frange remaniée moyenne de l'ordre de 0.70 m à 0.80 m d'épaisseur.

Dans la partie centrale (secteurs archéologiques 3, 6 et 7), sur la base des reconnaissances effectuées dans ces secteurs, nous pouvons retenir :

- Secteur 3 : une frange remaniée et/ou décomprimée moyenne de l'ordre de 0.80 m à 1.20 m a été mise en évidence,
- Secteur 6 : aucune frange remaniée mis en évidence (pas de travaux archéologiques),
- Secteur 7 : une frange remaniée de l'ordre de 0.50 m à 0.80 m a été mise en évidence.

Dans la partie Sud, la voirie principale n'est pas franchement concernée par les travaux des archéologues. En effet, seul un décapage de la terre végétale a été effectué. Des merlons de terre (d'une hauteur maximale de 5.00 m) ont ensuite été déposés le long de la future voirie principale. En ce qui concerne la voirie secondaire de ce secteur (secteurs archéologiques 4 et 7), sur la base des reconnaissances effectuées dans ce secteur, environ 2/3 du linéaire concerné par la future voirie n'est pas concerné par une frange remaniée liée aux travaux des archéologues (essais P201 et P202 réalisés environ 0.40 m sous le niveau de l'ancien TN – non rebouché par les archéologues). Le dernier 1/3 (essai P203) met en évidence une frange remaniée par les archéologues sur environ 0.60 m d'épaisseur.

IV.2. ETUDE DES REMBLAIS

IV.2.1. Traficabilité et extraction

- Traficabilité

Compte tenu de la forte sensibilité à l'eau des terrains, leur traficabilité sera principalement fonction des conditions météorologiques avant et pendant le chantier. En période pluvieuse, des adaptations importantes seront nécessaires telle que la mise en œuvre à l'avancement d'une couche de blocage type 0/200 mm ou équivalent de 0.40 m minimum d'épaisseur assurant une traficabilité minimale pour les engins de chantier.

Dans tous les cas, nous conseillons vivement de travailler en période climatiquement favorable de manière à limiter les venues d'eau sur les plateformes en cours de réalisation.

Enfin, il est à noter que l'étendue des fouilles archéologiques a fortement remaniées les sols superficiels (terrains foisonnés rendus plus perméables), ce qui imposera la réalisation d'épaisses pistes.

- Extraction

Le décapage de la terre végétale et des horizons superficiels pourra être réalisé à l'aide d'engins à lames ou à la pelle mécanique travaillant en rétro pour ne pas remanier les arases.

Les travaux de décapage devront être réalisés dans de bonnes conditions météorologiques. Si des pluies se produisent pendant les travaux ou si les précipitations sont abondantes au cours des 2 mois précédant les travaux, des adaptations seront éventuellement nécessaires (cloutage de l'assise du remblai ou purge partielle des sols trop humides) pouvant engendrer un surcoût non négligeable.

De plus, les premières couches de remblais seront mises en œuvre juste après le décapage afin de protéger les arases terrassées.

IV.2.2. Mise en œuvre des remblais – essais de contrôles

L'assise des remblais devra être horizontale.

Les remblais seront mis en œuvre par couches successives soigneusement compactées conformément aux recommandations GTR.

Au démarrage du chantier, des planches d'essais seront réalisées de manière à fixer les paramètres de compactage (épaisseur des couches, nombre de passes,...en fonction du compacteur utilisé).

Un suivi de la qualité des terrassements en remblais est une condition nécessaire à l'obtention d'un résultat satisfaisant (minimum q4).

Tous les sondages, essais et contrôles sont à la charge de l'Entrepreneur au titre de sa mission G3. Ils seront soumis à l'approbation du géotechnicien en charge de la mission G4 et du maître d'œuvre.

IV.2.3. Stabilité des remblais, assainissement et tassements

- Stabilité

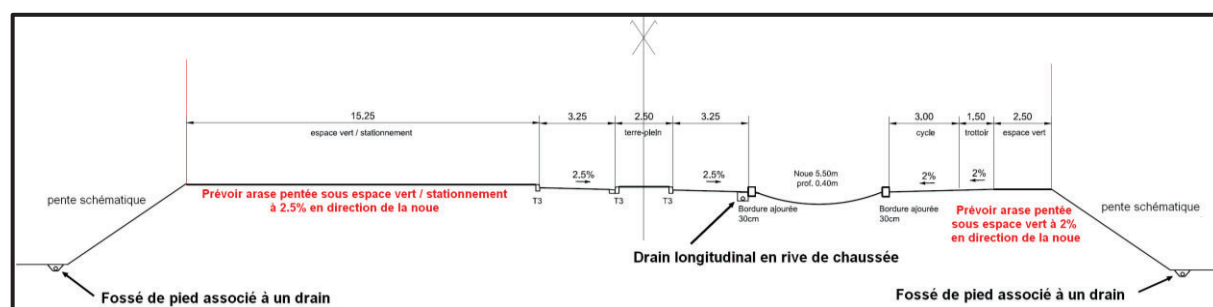
Pour un remblai constitué par les matériaux extraits du projet (Cf. § IV.3.2) mis en œuvre conformément au GTR, la stabilité des talus sera assurée pour une pente dressée à 2H/1V (2 horizontalement pour 1 verticalement) et une hauteur maximale de 3.00 m.

En remblai, il sera nécessaire, pendant l'exécution du chantier de terrassement, de se prémunir contre l'action des eaux de pluie par réglage des arases avec une pente transversale de 3 à 4 % vers l'extérieur de la plateforme.

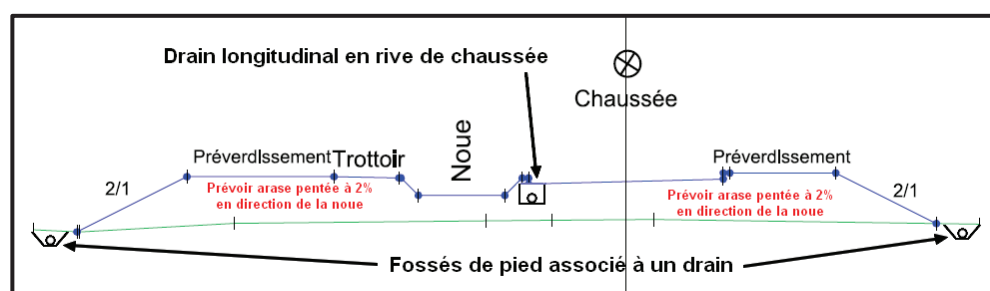
Une fois le remblai monté, des fossés longitudinaux de rive de chaussées imperméabilisés seront créés et eux-mêmes pentés vers des exutoires provisoires puis définitifs (intégration des ouvrages provisoires en phase définitive).

Ces dispositifs permettront de pérenniser la portance de la plateforme et d'assurer l'assainissement de cette dernière.

Enfin, nous rappelons que des fossés de pied provisoires puis définitifs associés à des drains doivent être créés. Ceux-ci seront posés à environ 0.50 m du pied du remblai et à 0.50 m sous l'arase terrassement.



Coupe type schématique en remblai de la voirie principale



Coupe type schématique en remblai de la voirie secondaire

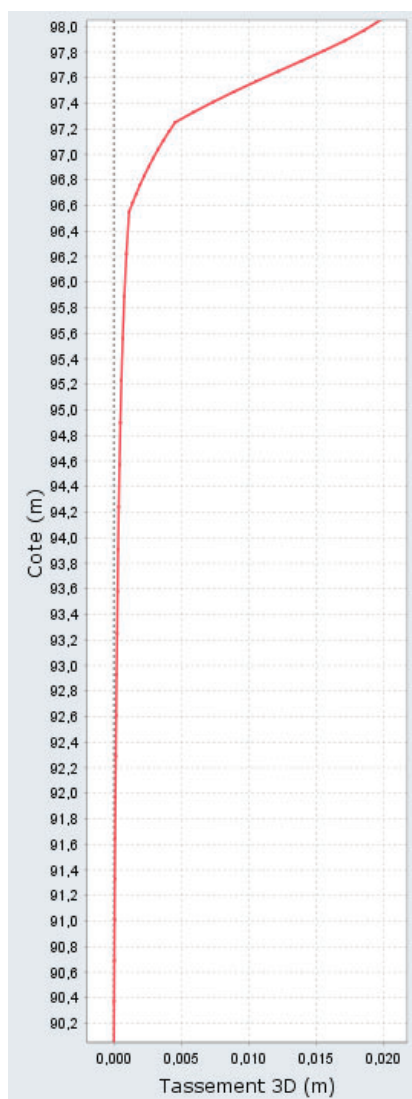
En phase définitive, les talus en remblais seront recouverts par la terre végétale et feront l'objet d'une végétalisation (enherbement au minimum) pour les protéger des intempéries et de l'érosion hydraulique éventuelle.

- Tassements

Après purge de la terre végétale résiduelle et/ou de l'horizon superficiel remanié par les fouilles archéologiques (épaisseurs au droit des différents sondages et essais réalisés estimées à environ 0.30 m à 1.20 m) et des éventuelles poches de matériaux de moindre compacité détectées lors du décapage, les tassements absolus à attendre dans le secteur Nord (SP101 / SC101), là où le remblaiement sera le plus important, seront de l'ordre de 2 cm.

Les tassements dans ce secteur ont été étudiés à l'aide du logiciel FOXTA. Le modèle de calcul est présenté ci-dessous :

No	Nom	Couleur	Zbase	Esol	v	n
1	limon sablo-argileux remanié		97,25	2,00E03	0,33	10
2	Limon sablo-argileux		96,55	5,00E03	0,33	10
3	sable et graviers		93,25	2,50E04	0,33	10
4	argile grise		90,05	2,00E04	0,33	10



Les tassements absolus qui en découlent du modèle de calcul sont donc estimés à 2 cm pour une surcharge de 60 kPa.

IV.2.4. AR et PST – préparation du fond de forme

Après décapage de la terre végétale résiduelle et/ou de l'horizon superficiel remanié par les archéologues (sur 0.30 m à 1.20 m d'après les sondages et essais réalisés), le fond de forme sera constitué par le limon sableux, l'argile +/- sableuse à graviers et/ou les sables et graviers.

Un traitement du fond de forme et de l'épaisseur des matériaux remaniés par les archéologues sera impératif pour assurer la pérennité des ouvrages.

Sur la base des classes GTR identifiées lors des reconnaissances et d'un réemploi de ces matériaux pour la constitution des remblais, les classes de PST en partie supérieure du remblai seront les suivantes :

- PST3-AR1 pour des matériaux sensibles à l'eau mis en œuvre sans traitement dans un état hydrique « m » ;
- PST4-AR2 pour des matériaux sensibles à l'eau mis en œuvre avec un traitement (technique remblai).

IV.2.5. Couche de forme

La couche de forme sera réalisée à l'aide d'un concassé de **carrière propre de classe D31 ou équivalent** (*passant à $80\ \mu\text{m} < 5\%$*), bien gradué ($ES > 30$, et compris dans le fuseau de Talbot) et compacté par couche à q3.

Pour une arase de type PST3-AR1, l'épaisseur de couche de forme devra être de 0.40 m minimum pour atteindre une plateforme de type PF2 ($EV2 \geq 50\ \text{MPa}$ en phase définitive).

Pour une arase de type PST4-AR2, l'épaisseur de couche de forme devra être de 0.35 m minimum pour atteindre une plateforme de type PF2⁺ ($EV2 \geq 80\ \text{MPa}$ en phase définitive).

En cas d'utilisation de matériaux d'apports granulaires, la granulométrie devra être adaptée et décroissante de la base vers le haut ; la couche de finition étant constituée d'un granulat D₂₁ de granulométrie 0/20 mm ou 0/31.5 mm.

Ind. B

IV.3. PROFILS RASANTS OU PARTIES COMPLETEMENT EN DEBLAIS

IV.3.1. Traficabilité et extraction

- Traficabilité

Les terrains reconnus dans ces secteurs seront de nature argilo-limoneuse dominante (classés A₁, A₂ et A₃, localement des matériaux plutôt sablo-graveleux à caillouteux avec une matrice plus ou moins dominante classés B₃, B₅ et sont sensibles à l'eau.

La traficabilité des engins à pneus ne sera pas assurée sur ces arases et des dispositions constructives seront à prévoir pour garantir la traficabilité des engins à pneus : mise en œuvre d'une couche en matériau granulaire charpenté type 0/150 mm sur 0.30 m d'épaisseur minimale, ou un traitement des sols en place sur 0.30 m minimum, seront à réaliser pour garantir la traficabilité des engins à pneus.

Par ailleurs, rappelons que certains sols reconnus argileux et plutôt très plastiques (A₃ et A₄) deviennent très collants et glissants en présence d'eau.

- Extraction

Le décapage de la terre végétale et le terrassement en masse des terrains du site pourront être réalisés à l'aide d'engins à lames ou à la pelle mécanique travaillant en rétro pour ne pas remanier les arases en association avec des tombereaux pour l'évacuation des terres.

Les travaux de décapage devront être réalisés dans de bonnes conditions météorologiques. Si des pluies se produisent pendant les travaux ou si les précipitations sont abondantes au cours des 2 mois précédant les travaux, des adaptations seront éventuellement nécessaires (cloutage des fonds de forme ou purge partielle des sols trop humides) pouvant engendrer un surcoût non négligeable.

De plus, les couches de forme et/ou rattrapage de niveau seront mises en œuvre juste après le décapage afin de protéger les arases terrassées.

IV.3.2. Réemploi des matériaux

La terre végétale résiduelle, après décapage, sera stockée, fermée et réemployée en tant que telle.

D'une manière générale, les matériaux dans un état hydrique très sec « ts », très humides « th », les matériaux de classe A₄ et terrassés en cas de très forte pluie, ne pourront pas être réutilisés en remblais.

Les matériaux classés B₃, B₄, B₅, A₁, A₂ et A₃ pourront être réutilisés en remblais courants.

Les taux de réemploi de ces matériaux en remblais de faible hauteur (< 5 m) sont estimés dans le tableau ci-après :

Classe GTR	Etat hydrique	Sans traitement			Avec traitement (chaux et/ou liant)		
		Météo			Météo		
		+	=	-	+	=	-
A ₁	h	-	50	60	60	80	90
	m et s	70	80	60	-	-	-
A ₂	h	-	70	80	60	80	90
	m	70	80	80	80	90	80
	s	80	70	-	90	80	50
A ₃	h	50	70	80	60	80	90
	m et s	70	80	60	80	90	70
B ₃	-	70	90	90	90	90	90
B ₄	h	-	70	80	60	80	90
	m	70	80	70	80	90	80
	s	80	70	-	90	80	50
B ₅	h, m et s	60	80	80	80	90	80
B ₆	h	-	70	80	60	80	90
	m et s	70	80	60	80	90	70

+: Pluie

= : Ni pluie, ni évaporation importante

- : Evaporation

Dans des conditions météorologiques de mise en œuvre favorables, pour un traitement à 2% de chaux et avec un suivi de l'entreprise en phase chantier (supervision géotechnique d'exécution – mission G4), une réutilisation moyenne de l'ordre de 80% est envisageable.

Les matériaux classés B₄, B₅, A₁, A₂ et A₃ ne pourront pas être réutilisés en couche de forme, sans traitement préalable à la chaux en association avec un L.H.R. Seuls les matériaux B₃ réputés insensibles à l'eau sont réutilisables en couche de forme granulaires moyennant une étude spécifique de leur sensibilité potentielle à l'eau. Par ailleurs, on vérifiera qu'ils soient assez anguleux pour ne pas générer de phénomène de glissance des couches de chaussée sur cette dernière.

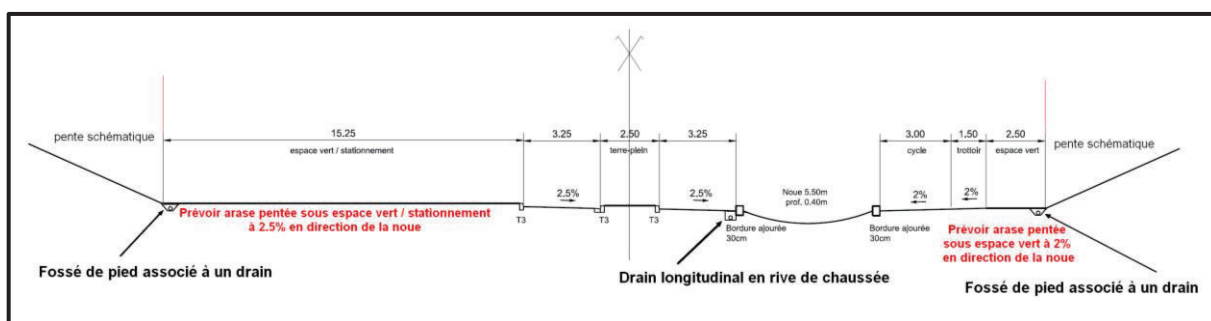
Dans le cas d'une réalisation de couches de forme en matériaux du site traités, on privilégiera les classes de sol type A₁ et B₅ (préférentiellement). Cependant, cette option reste conditionnée par la réalisation d'une étude de traitement de niveau I et II selon le GTS.

IV.3.3. Stabilité des talus / drainage et assainissement

Pour les talus en déblais d'une hauteur de 1.00 m, la stabilité est assurée pour une pente dressée à 2H/1V (2 horizontalement pour 1 verticalement) dans les terrains du site.

En déblai, il sera nécessaire, pendant l'exécution des terrassements de se prémunir contre l'action des eaux de pluie par réglage des arases avec une pente transversale de 3 à 4 % vers l'extérieur de la plateforme.

Ensuite, des fossés longitudinaux de rive imperméabilisés seront créés et eux-mêmes pentés vers des exutoires provisoires et définitifs (intégration des ouvrages provisoires en phase définitive).



Coupe type schématique en déblai de la voirie principale

Ces dispositifs permettront de pérenniser la portance de la plateforme et d'assurer l'assainissement de cette dernière.

En phase définitive, les talus en déblais seront recouverts par la terre végétale et feront l'objet d'une végétalisation (enherbement au minimum) pour les protéger des intempéries et de l'érosion hydraulique éventuelle.

IV.3.4. AR et PST – préparation du fond de forme

Sur la base des reconnaissances in situ et en laboratoire effectuées, une couche de forme épaisse sera mise en œuvre pour atteindre une plateforme de type PF2 ($EV2 \geq 50$ MPa en phase définitive).

En cas de PST0-AR0, un reclassement sera nécessaire par un traitement à la chaux (CaO) en association éventuelle avec un liant hydraulique routier (LHR) sur une épaisseur minimale de 0.35 m.

Le critère de réception à obtenir dans le cadre du reclassement de l'arase en AR1 sera de : $EV2 \geq 20$ MPa.

Pour le rattrapage des éventuels hors profils et pour les purges localisées (surépaisseurs de matériaux organiques ou des fouilles archéologiques), on prévoira la mise en œuvre d'un concassé de carrière propre de classe D3 selon le GTR et de granulométrie 0/100 mm ou équivalent, compacté à q4. Ces purges constituent un reclassement d'arase en AR1, dès lors que $EV2 \geq 20$ MPa.

IV.3.5. Couche de forme

Il sera recherché une plate-forme support de chaussée de classe PF2 avec $EV2 \geq 50$ MPa en phase définitive.

Sur une PST1-AR1, la réalisation de la couche de forme peut être faite selon deux méthodes :

- la mise en œuvre d'un matériau traité répondant à une qualité « couche de forme » n'est pas réalisable. Il faudra d'abord procéder à un traitement selon la technique « remblai » pour permettre un reclassement de la plateforme en PST n°2 puis se reporter au cas PSTn°2-AR1 présenté ci-après.
- un concassé de carrière propre (passant à $80 \mu < 5 \%$ et $VBS \leq 0.1$) de classe D31 ($D_{max} \leq 80$ mm) ou équivalent bien gradué ($ES > 30$, et compris dans le fuseau de Talbot) compacté à q3 (98.5 % de l'OPN) sera mise en œuvre sur une épaisseur minimale de 0.40 m, et associée à la pose d'un géotextile à la base.

Sur une PST2-AR1, la réalisation de la couche de forme peut être faite selon deux méthodes :

- dans le cas d'une couche de forme en matériaux traités, celle-ci devra avoir au minimale une épaisseur de 0.35 m (à adapter en fonction de la classe GTR et de l'état hydrique du matériau initial à traiter). Dans ce cas, une PF2⁺ sera recherchée.
- En cas d'une couche de forme constituée d'un concassé de carrière propre (passant à $80 \mu < 5 \%$ et $VBS \leq 0.1$) de classe D31 ($D_{max} \leq 80$ mm) ou équivalent bien gradué ($ES > 30$, et compris dans le fuseau de Talbot) compacté à q3 (98.5 % de l'OPN), elle sera mise en œuvre sur une épaisseur minimale de 0.35 m. La granulométrie devra être adaptée comme citée précédemment.

IV.3.6. Contrôles des couches de remblai et de forme

La mise en œuvre des matériaux en remblai sera réalisée par couches successives conformément au guide GTR et nécessitera des contrôles systématiques tout au long de leur édification (essais à la plaque, pénétrométrie, nucléodensitométrie...).

Les couches de forme seront mises en œuvre, compactées et contrôlées suivant les spécifications en vigueur.

Elles seront réceptionnées par essais à la plaque mode opératoire LCPC.

Pour une plate-forme de type PF2 on recherchera la valeur cible suivante :

$$\begin{aligned} EV2 &\geq 50 \text{ MPa} \\ EV2 / EV1 &\leq 2,2 \end{aligned}$$

Pour une plate-forme de type PF2⁺ on recherchera la valeur cible suivante :

$$\begin{aligned} EV2 &\geq 80 \text{ MPa} \\ EV2 / EV1 &\leq 2,2 \end{aligned}$$

V - NOUVELLES VOIRIES

Le projet consiste en la création :

- d'une voirie principale d'environ 2100 ml accueillant un trafic estimé, par le maître d'œuvre, à 107 PL/jour/sens correspondants à une classe de trafic TC₃₂₀.
- de 3 voiries secondaires d'environ 250 ml à 550 ml accueillant un trafic estimé, par le maître d'œuvre, à 17 ou 18 PL/jour/sens correspondants à une classe de trafic TC₁₂₀.

V.1. EXEMPLES DE PREDIMENSIONNEMENT (CATALOGUES DES STRUCTURES DE CHAUSSEES NEUVES – EDITION 1998)

- Pour la voirie principale ayant une classe de trafic TC₃₂₀, les chaussées pourront être réalisées de la manière suivante de haut en bas :

- couche de surface : 6 cm de BBSG ou de BBME
- couche de base : 8 cm de GB3 de 0/14 mm
- couche de fondation : 8 cm de GB3 de 0/14 mm
- couche de forme : cf. paragraphes IV.2.5 et IV.3.5.

Cette structure est donnée pour un trafic, estimé par le maître d'œuvre, TC₃₂₀ et une plateforme de classe PF2. Le dimensionnement définitif de la structure de chaussée dépendra du trafic, de la durée de vie et des conditions de mise hors gel des structures, mais aussi de la classe de la plateforme support retenue par le concepteur (PF2 ou PF2+).

- Pour les voiries secondaires ayant une classe de trafic TC₁₂₀, les chaussées pourront être réalisées de la manière suivante de haut en bas :

- couche de surface : 6 cm de BBSG ou de BBME
- couche de fondation : 13 cm de GB2 de 0/14 mm
- couche de forme : cf. paragraphes IV.2.5 et IV.3.5.

Cette structure est donnée pour un trafic, estimé par le maître d'œuvre, TC₁₂₀ et une plateforme de classe PF2. Le dimensionnement définitif de la structure de chaussée dépendra du trafic, de la durée de vie et des conditions de mise hors gel des structures, mais aussi de la classe de la plateforme support retenue par le concepteur (PF2 ou PF2+).

Observations :

- d'autres structures sont envisageables et pourront être proposées en variante par les entreprises, sous réserve d'une étude de dimensionnement justifiée,
- au droit des futurs points particuliers (giratoire, arrêt de bus,...), des structures particulières seront nécessaires du fait des contraintes plus importantes.

V.2. VERIFICATION AU GEL-DEGEL

Les structures indiquées dans le paragraphe ci-dessus n'incluent pas la vérification au gel-dégel.

L'objet de ce paragraphe est de définir l'épaisseur de couche de forme nécessaire afin de satisfaire la vérification au gel-dégel selon les prescriptions du catalogue des structures types de chaussées neuves du Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, édition 1998.

Le principe de la vérification au gel-dégel consiste à comparer l'indice de gel atmosphérique de référence **IR**, caractérisant la rigueur de l'hiver contre les effets duquel on veut protéger la chaussée, et l'indice de gel admissible **IA** de cette même chaussée. Ce dernier s'évalue en fonction de la structure de la chaussée, de la sensibilité au gel et de l'épaisseur non gélive de son support.

La vérification est positive si **IA** est supérieur ou égal à **IR**.

Pour l'Yonne (station météorologique d'AUXERRE), on retient un indice de gel pour des hivers rigoureux **non exceptionnels** de $IR_{NE} = 95^{\circ}\text{C} \times \text{jours}$ et pour des hivers exceptionnels $I_E = 200^{\circ}\text{C} \times \text{jours}$.

L'indice **IA** se détermine en calculant la quantité de gel admissible **QB** à la base du corps de chaussée, soit au niveau de la plate-forme support de chaussée. La valeur **IA** est donnée à partir d'abaques en fonction du couple (trafic, plate-forme support de chaussée) et de la valeur de **QB**.

La valeur de **QB** est obtenue à partir de la formule suivante :

$$QB = Qg + Qng$$

Avec :

Qg : quantité de gel admissible en surface des matériaux très gélifs = 2.5 (hypothèse haute en l'absence d'essai de gonflement au gel).

Qng : protection thermique apportée par les matériaux non gélifs de la couche de forme égale à :

$$Qng = A_n * [(hn)^2 / (hn+10)]$$

Avec :

A_n : coefficient dépendant de la nature du matériau de couche de forme = 0.12 pour la GNT.

La valeur de QB, quantité de gel admissible à la base de la chaussée, pour une structure GNT vaut :

- Pour la voirie principale ayant une classe de trafic TC3₂₀ :
 - QB $\approx$ 6.34 pour un hiver rigoureux non exceptionnel (hypothèse Qg=2.5).
 - QB $\approx$ 7.5 pour un hiver rigoureux exceptionnel (hypothèse Qg=2.5).
- Pour les voiries secondaires ayant une classe de trafic TC1₂₀ :
 - QB $\approx$ 6.34 pour un hiver rigoureux non exceptionnel (hypothèse Qg=2.5).
 - QB $\approx$ 8.1 pour un hiver rigoureux exceptionnel (hypothèse Qg=2.5).

Nous pouvons donc déterminer la valeur hn (= épaisseur de la couche non gélive – couche de forme) à :

- Pour la voirie principale ayant une classe de trafic TC3₂₀ :
 - environ 40 cm pour le cas d'hivers rigoureux non exceptionnels,
 - environ 50 cm pour le cas d'hivers rigoureux exceptionnels.
- Pour les voiries secondaires ayant une classe de trafic TC1₂₀ :
 - environ 40 cm pour le cas d'hivers rigoureux non exceptionnels,
 - environ 55 cm pour le cas d'hivers rigoureux exceptionnels.

L'indice de gel admissible **IA** de la chaussée pour les structures précédemment définies vaut :

- $I_A = 160^{\circ}\text{C} \times \text{jour}$ pour une classe de trafic TC3₂₀ et une plateforme support de chaussée PF2 pour le cas d'hivers rigoureux non exceptionnels.
- $I_A = 201^{\circ}\text{C} \times \text{jour}$ pour une classe de trafic TC3₂₀ et une plateforme support de chaussée PF2 pour le cas d'hivers rigoureux exceptionnels.
- $I_A = 145^{\circ}\text{C} \times \text{jour}$ pour une classe de trafic TC1₂₀ et une plateforme support de chaussée PF2 pour le cas d'hivers rigoureux non exceptionnels.
- $I_A = 203^{\circ}\text{C} \times \text{jour}$ pour une classe de trafic TC1₂₀ et une plateforme support de chaussée PF2 pour le cas d'hivers rigoureux exceptionnels.

En conclusion, les chaussées pourront être réalisées de la manière suivante (donné à titre indicatif) :

- Pour la voirie principale ayant une classe de trafic TC3₂₀, les chaussées pourront être réalisées de la manière suivante de haut en bas :
 - couche de surface : 6 cm de BBSG ou de BBME
 - couche de base : 8 cm de GB3 de 0/14 mm
 - couche de fondation : 8 cm de GB3 de 0/14 mm

- couche de forme :
 - 40 cm – cas d’hivers rigoureux non exceptionnels
 - 50 cm – cas d’hivers rigoureux exceptionnels
- Pour les voiries secondaires ayant une classe de trafic TC1₂₀, les chaussées pourront être réalisées de la manière suivante de haut en bas :
 - couche de surface : 6 cm de BBSG ou de BBME
 - couche de fondation : 13 cm de GB2 de 0/14 mm
 - couche de forme :
 - 40 cm – cas d’hivers rigoureux non exceptionnels
 - 55 cm – cas d’hivers rigoureux exceptionnels

Il appartient au maître d’œuvre, en accord avec le maître d’ouvrage, de choisir le cas d’hiver vis-à-vis duquel il souhaite se prémunir du gel.

D’autres structures pourront être proposées en variante par les entreprises ou les concepteurs. Elles devront faire l’objet d’une note justificative établie par l’entreprise mandataire et soumise à l’approbation du maître d’œuvre.

Observation importante : un traitement des arases à la CaO et/ou au liant hydraulique routier, ou encre des reclassements par substitution avec un matériau granulaire de qualité, permettrait de bénéficier d’une assise en matériaux peu gélifs ou non gélifs. Dans ce cas, les conditions de vérification au gel seraient donc moins contraignantes.

V.3. ESSAIS DE CONTROLE

Pour les essais de contrôles, on se réfèrera au § IV.2.6.

V.4. SUJETIONS PARTICULIERES

On veillera à limiter les infiltrations d’eau au niveau de ces sols support de chaussée (*fossés, drainage...*).

Les couches de chaussée seront mises en œuvre, compactées et contrôlées suivant les spécifications en vigueur.

*

*

*

VI - PARKING POIDS LOURDS

Dans la zone des essais P131 à P142 (et des sondages S1 à S21 de RSK Environnement), il est prévu de réaliser un parking pour poids lourds. Toutefois, à ce stade de l'étude, aucune donnée nous a été communiquée (implantation précise, trafic, ...). Les conclusions ci-après seront donc de stade G1-PGC (étude de faisabilité).

Les essais au pénétromètre dynamique ont été implantés au droit d'une ancienne carrière remblayée. Un diagnostic pollution a été réalisé par le bureau RSK Environnement.

Du fait de la nature, de l'épaisseur et du caractère évolutif des remblais, des tassements +/- importants seront susceptibles de se produire sous le poids propre de ces remblais, ce qui nécessitera des dispositions particulières pour les VRD.

- Préparation du fond de forme

Après décapage des terrains sur une épaisseur moyenne de 0.70 m, le fond de forme sera constitué par des remblais résiduels.

Toute poche décomprimée, de matériau évolutif ou de moindre consistance rencontrée en fond de forme sera purgée.

Le fond de forme devra être validé par un géotechnicien.

NOTA : la mise en décharge et/ou stockage de ces terres devront se référer au rapport de diagnostic pollution et au rapport de plan de gestion réalisés par RSK Environnement.

Compte tenu du contexte géologique et hydrogéologique du site (sensibilité à l'eau des remblais résiduels), il sera préférable de mener les travaux de décapage et de remblaiement dans de bonnes conditions météorologiques.

Un cloutage du fond de forme par incorporation jusqu'au refus de concassé 100/200 mm ou équivalent pourra être réalisé en cas de fond de forme inconsistent. Ensuite un géotextile (assurant à la fois une fonction anticontaminante et de renforcement) devra être mis en place sur tout le fond de forme.

Les travaux de terrassement et de remblaiement devront impérativement être effectués avec toutes les précautions nécessaires pour ne pas déstabiliser le fond de forme qui est extrêmement sensible à l'eau. En particulier, le compactage sera modéré et adapté (sans vibrations) pour ne pas plastifier le fond de forme. De plus, les travaux devront être effectués en rétro avec remblaiement à l'avancement en s'assurant qu'aucun engin ne circule sur le fond de forme.

- Couche de forme

En l'absence de précision particulière sur la plate-forme, il sera recherché une plate-forme support de chaussée de classe PF2 ($EV2 \geq 50 \text{ MPa}$).

Sur une PST2-AR1, pour obtenir une PF2, il sera nécessaire de mettre en œuvre une couche de forme d'au moins 0.50 m (dont 0.10 m de finition), à adapter selon la portance réelle mesurée lors des travaux et des conditions climatiques.

Attention, en situation de PST0-AR0 (météo défavorable et remaniement partiel des sols), il sera nécessaire de procéder à un reclassement d'arase par la réalisation d'une substitution de sol sur 0.50 m minimum avec un matériau de carrière type 0/200 mm compacté à q4 ; cela permettra de tabler sur une PST2-AR1 minimum en reclassement.

La couche de forme sera mise en place après la mise en œuvre d'un géotextile selon les recommandations du GTR 92. Cette forme sera constituée par un concassé type 0/100 mm ou équivalent comportant moins de 5 % d'éléments inférieurs à 80 μm . Une couche de finition en concassé 0/31.5 mm ou équivalent comportant moins de 5 % d'éléments inférieurs à 80 μm sera mise en œuvre afin d'obtenir les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} EV2 &\geq 50 \text{ MPa} \\ EV2 / EV1 &\leq 2,2 \end{aligned}$$

Sans ces essais et contrôles réalisés et/ou suivis par GEOTEC ou son mandataire dans le cadre d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, GEOTEC ne saurait engager sa responsabilité sur ces travaux (ce qui n'exonère pas l'entreprise de son auto contrôle au titre de sa mission G3).

- Sujétions particulières

On veillera à limiter les infiltrations d'eau au niveau de ces sols supports de chaussée (*fossés, drainage...*).

Il sera notamment nécessaire, pendant l'exécution du chantier de terrassement de se prémunir contre l'action des eaux de pluie par réglage des plates-formes avec une pente transversale de 3 à 4 % dirigée vers les fossés qui eux-mêmes seront pentés vers des exutoires.

La ou les structures de chaussée à mettre en œuvre sur la couche de forme devront faire l'objet d'une étude de dimensionnement spécifique dans le cadre de la mission G2.

Les couches de chaussée seront mises en œuvre, compactées et contrôlées suivant les spécifications en vigueur.

VII - ETUDE DE LA CONDITION DE POSE DES RESEAUX

VII.1. REMARQUES PRELIMINAIRES

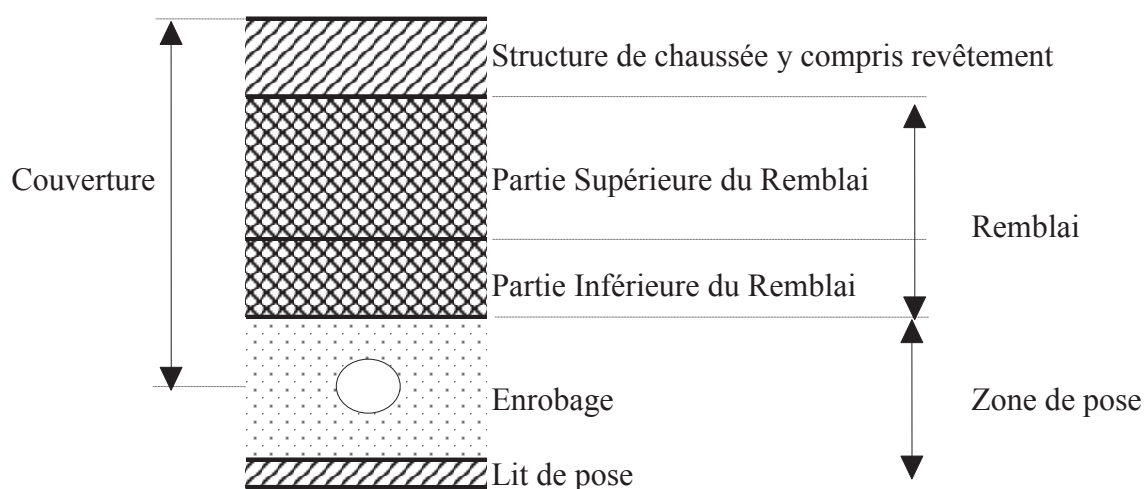
Cette mission a pour but de définir les conditions et les solutions d'adaptation au sol d'une canalisation de petit diamètre posée en tranchée.

Tous les travaux relatifs à la pose de cet ouvrage en tranchée devront être exécutés suivant les règles de l'art du fascicule n° 70 « Ouvrage d'assainissement » de l'Equipement, et les recommandations du Guide Technique pour le Remblayage des Tranchées et Réfection des Chaussées (Guide LCPC-SETRA de mai 1994).

D'une manière générale, le projet nécessite l'amenée d'un matériel lourd. On vérifiera que les existants peuvent supporter le trafic des engins prévus pour la réalisation des terrassements. En dehors des voiries existantes, il faudra créer des pistes pour l'évolution des engins à pneus.

Nous définissons ci-après une coupe type des tranchées :

Coupe type d'une tranchée



VII.2. CONDITIONS DE TERRASSEMENT

Les conditions d'extraction en tranchée dépendront de la compacité des terrains.

Dans les terrains meubles, correspondant aux remblais divers superficiels, à l'argile limoneuse ou sableuse à quelques graviers, aux sables et graviers à +/- de matrice argileuse, les terrassements ne poseront pas de problèmes particuliers d'extraction. Les déblais pourront être extraits au moyen d'une pelle mécanique de moyenne puissance.

Les parois des fouilles seront instables dans les remblais divers, l'argile sablo-graveleuse, les sables et graviers à +/- de matrice. Pour cela il sera nécessaire de travailler par tranches courtes avec un blindage provisoire pour des hauteurs de tranchée supérieures à 1.30 m. Un blindage simple avec un retrait par couche avant compactage pourra être effectué.

En cas d'avoisinant sensible, un référé préventif par constat d'huissier sera réalisé afin de constater les désordres existants sur les ouvrages.

Nous rappelons que les fouilles en tranchées de plus de 1.30 m de profondeur et d'une largeur égale ou inférieure aux deux tiers de la profondeur doivent être blindées, étrésillonnées ou étayées.

Du fait de la sensibilité à l'eau des sols du site, il est fortement recommandé de travailler par temps sec et en période de basses eaux.

De même, à l'approche des arases, on réalisera un terrassement soigné au godet sans dents pour ne pas remanier mécaniquement ces dernières.

VII.3. MISE HORS D'EAU

En fonction du niveau de fond de tranchée, de la date de réalisation des terrassements et des arrivées d'eau dans les fouilles, un pompage provisoire sera nécessaire afin d'épuiser les venues d'eau et d'assécher les tranchées.

La campagne de sondages a mis en évidence des niveaux d'eau à des profondeurs susceptibles d'interférer avec les travaux de pose des réseaux.

Afin de limiter au maximum les sujétions liées à ces venues d'eau éventuelles (humidification des arases, remplissage des fouilles), nous conseillons fortement de réaliser les travaux en période météorologique favorable et/ou de basses eaux, et par tranches courtes afin de limiter les volumes d'exhaure, le cas échéant.

Le dispositif de pompage sera à adapter en fonction de l'importance des arrivées d'eau lors des terrassements, et dépendra également de la période des travaux.

Toutefois, vis-à-vis des circulations d'eau qui pourraient être rencontrées, nous vous conseillons les dispositions constructives suivantes :

- réalisation des tranchées de l'aval vers l'amont avec des arases pentées à 2% vers l'aval, afin d'intercepter les venues d'eau à l'avancement et permettre leur évacuation de la tranchée ;
- mise en œuvre à l'avancement du géotextile et de la couche de forme pour éviter la dégradation du fond de forme et favoriser l'évacuation des eaux ;
- interruption de la continuité hydraulique de l'effet tranchée au droit de chaque regard mis en place sur un béton de blocage fortement dosé. Si la distance entre regard est supérieure à 50 m, la continuité hydraulique sera interrompue par un batardeau en béton.

En phase définitive, toute infiltration des eaux superficielles au niveau des tranchées, sera proscrite.

Les canalisations posées en-dessous du NPHE devront être conçues de manière à reprendre la sous-pression (cavaliers bétons par exemple).

Ind. A

VII.4. ASSISE DU RESEAU

Après terrassement, l'assise des réseaux sera constituée par des remblais (de mise à niveau du site) et/ou de l'argile graveleuse marron à sablo-graveleuse et/ou des sables et graviers à matrice argileuse.

Sur le fond de fouille, on disposera un lit de pose en matériau concassé calcaire de granulométrie 0/31.5 mm ou équivalent et inscrite dans le fuseau de TALBOT-FULLER. L'épaisseur du lit de pose sera de minimum 30 cm sur les terrains meubles.

Les éventuelles zones décomprimées dans les terrains meubles devront être purgées et remplacées par un concassé calcaire de granulométrie étendue 0/80 mm comportant moins de 5 % de fines et soigneusement compacté ou par une couche de blocage en concassé 0/200 mm si les fonds de fouilles sont inconsistants.

La qualité de l'assise des réseaux dépendra essentiellement de son état hydrique, d'une part, et des conditions de mise en œuvre, d'autre part.

Ind. A

Pour des travaux réalisés selon les règles de l'art et dans des conditions hydrogéologiques favorables, il n'y aura pas à craindre de remaniement important du fond de forme, ni de tassements importants. Toutefois, lors des études d'EXE, des vérifications ponctuelles des fonds de forme seront nécessaires. Elles permettront notamment de définir les éventuelles purges à prévoir.

VII.5. REMBLAIEMENT

Le remblaiement des tranchées devra s'effectuer suivant les règles de l'art du fascicule 70 « Ouvrage d'assainissement » de l'Equipement et les recommandations du Guide Technique pour le Remblayage des Tranchées et Réfection des Chaussées (Guide LCPC-SETRA de mai 1994).

VII.5.1. Enrobage des ouvrages

Le même matériau que celui du lit de pose ou un matériau équivalent (sable par exemple) sera mis en place en enrobage de la canalisation jusqu'à une hauteur minimale de 10 cm au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite.

VII.5.2. Remblaiement de tranchées

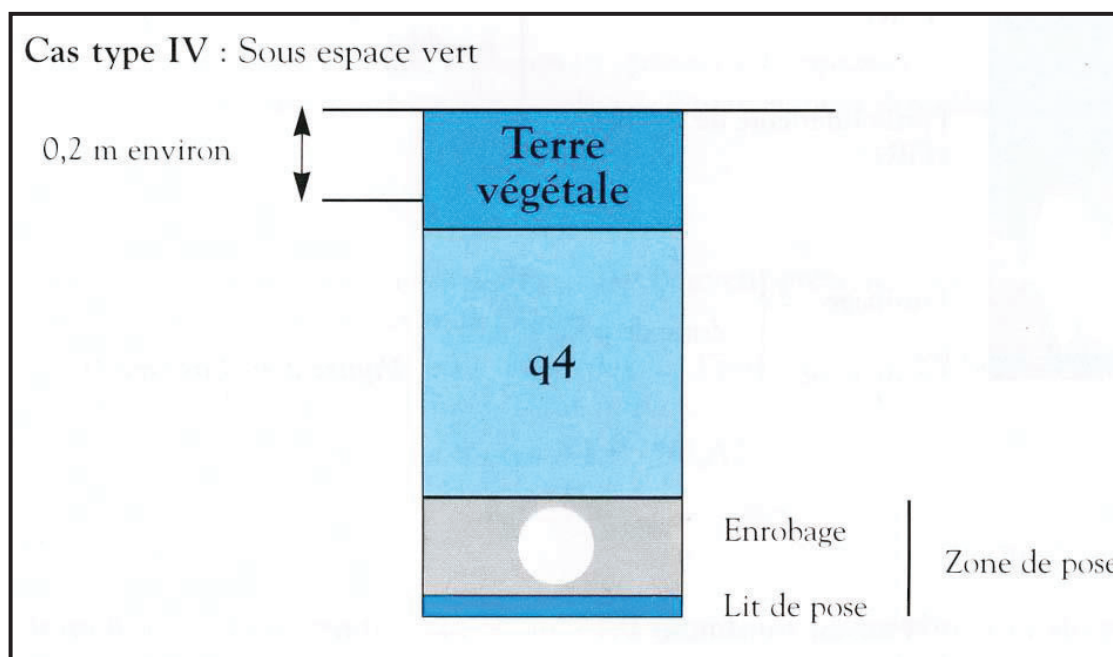
- Sous espaces verts

Les matériaux meubles du site reconnus sont de classes A₁, A₂, B₃, B₄, B₅ et B₆. Ils pourront être réutilisés pour le remblaiement au dessus de la couche d'enrobage de la canalisation. Toutefois ils devront rester dans un état hydrique de type "h" (humide) au maximum. **Les remblais douteux, les matériaux excavés trop argileux appartenant à des classes GTR A₃ ou A₄, et les matériaux excavés dans des états hydriques extrêmes "th" ou "ts" (très humides ou très secs) ne devront pas être réutilisés et seront évacués en décharge.**

Ces remblais seront édifiés par couches minces soigneusement compactées. Une planche d'essai devra être réalisée afin de déterminer précisément des conditions de compactage des terrains (nombre de passe à effectuer en fonction du type de compacteur utilisé).

Compte tenu de la sensibilité à l'eau des sols du site, nous recommandons vivement de réaliser les travaux par temps sec.

Coupe type d'une tranchée sous espaces verts



- Sous voiries

En Partie Inférieure de Remblaiement (PIR) : en cas de réemploi des matériaux excavés, il sera impératif de **faire contrôler très précisément leur nature (identification GTR) et leur teneur en eau** avant toute mise en remblai et de contrôler la qualité de leur mise en œuvre par la réalisation fréquente d'essais en laboratoire.

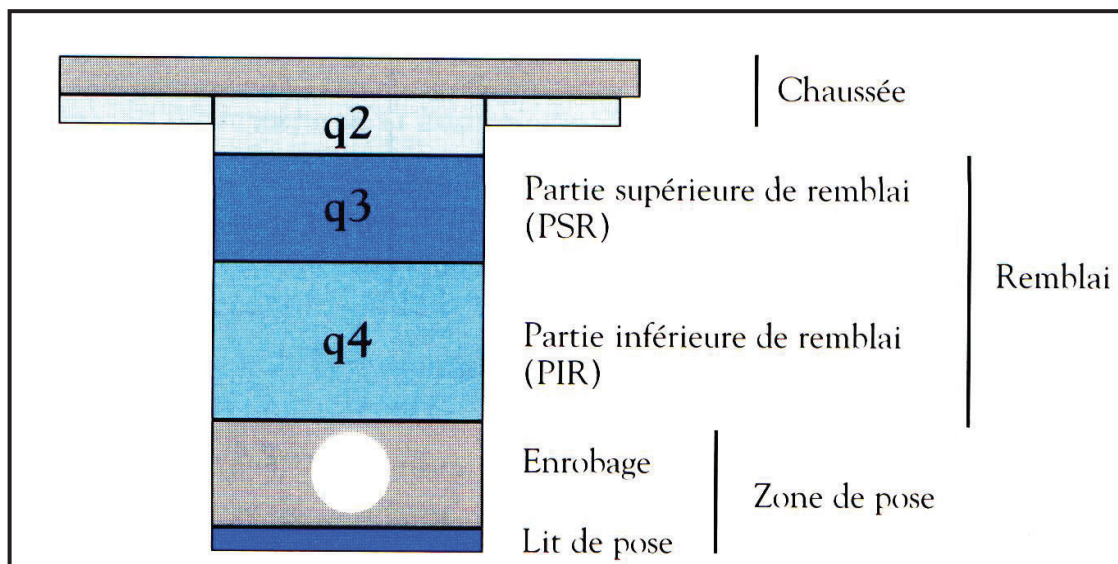
Les matériaux meubles du site reconnus sont de classes A₁, A₂, B₃, B₄, B₅ et B₆. Ces matériaux principalement caractérisés par leur fraction de particules fines sont sensibles à l'eau et ils ont un comportement conditionné par leur teneur en eau. Selon le guide SETRA, la teneur en eau de ces matériaux doit impérativement être à un niveau "h" (humide) au maximum, et idéalement à un niveau « m », moyennement humide, ce qui peut impliquer une baisse sensible de leur teneur en eau (aération et plus sûrement des traitements à la chaux). Ces matériaux pourront être réutilisés en Partie Inférieure de Remblai (PIR).

Nous insistons bien, sur la nature argileuse à limoneuse dominante des matériaux reconnus qui implique la réalisation d'essais de contrôle en nombre suffisant. **Les remblais douteux, les matériaux excavés trop argileux appartenant à des classes GTR A₃ ou A₄, et les matériaux excavés dans des états hydriques extrêmes « th » ou « ts » (très humides ou très secs) ne devront pas être réutilisés et seront évacués en décharge.**

Attention, l'épaisseur du niveau q4 (PIR) est fonction de la hauteur de la tranchée et des épaisseurs des niveaux q3 et q2. Dans la mesure où l'épaisseur du niveau q4 ne dépasserait pas 0,15 m, le remblai serait obligatoirement réalisé avec le même matériau que celui de la partie supérieure du remblai.

En Partie Supérieure de Remblaiement (PSR) : le matériau de remblaiement au-dessus de la PIR hors couche de forme et structure de chaussée ne pourra pas être constitué par les déblais du site. Ce remblaiement pourra se faire avec un matériau noble de type concassé calcaire 0/80 mm à 0/31.5 mm en finition.

Coupe type d'une tranchée sous espaces verts



VII.6. CONTROLES

Un contrôle du remblaiement devra être effectué, ceci afin de garantir la bonne exécution des travaux et la qualité du remblaiement.

Pour ce faire, il devra être réalisé des contrôles de la nature et de la qualité de l'assise du réseau au moment des travaux, et des contrôles des matériaux utilisés en remblaiement, et des contrôles de mise en œuvre du remblai par des essais pénétrométriques et analyses en laboratoire.

Les matériaux mis en œuvre en niveau q4 devront répondre aux exigences de compactage suivantes :

- densité sèche moyenne de la couche $\geq 95\% \text{ pd}_{\text{OPN}}$,
- densité sèche en fond de couche $\geq 92\% \text{ pd}_{\text{OPN}}$.

Les matériaux mis en œuvre en niveau q3 devront répondre aux exigences de compactage suivantes :

- densité sèche moyenne de la couche $\geq 98,5\% \text{ pd}_{\text{OPN}}$,
- densité sèche en fond de couche $\geq 96\% \text{ pd}_{\text{OPN}}$.

Ces essais pourront être réalisés et/ou suivis par GEOTEC dans le cadre d'une mission de supervision géotechnique G4, ce qui n'exonère par l'entreprise de son autocontrôle au titre de sa mission G3.

VII.7. REMARQUES GENERALES

La majorité des essais ont mis en évidence des sols de classe d'agressivité chimique AX1 (6 essais), mais localement AX0 (2 essais) et AX2 (1 essai). De ce fait, des matériaux adaptés à ce contexte seront retenus.

Les modules de déformation du sol Es à prendre en compte pour les éventuels calculs (radier) sont les suivants :

Couche	Module estimé – Es (MPa)
Couche de forme	40 à 50 – hypothèses à confirmer
Remblais résiduels reconditionnés	5
Argile marron, argile marron +/- sableuse à graviers et du sable marron +/- argileux à passées noires	3 à 5
Sable et graviers à +/- de matrice argileuse	15 à 30
Argile +/- sableuse brun vert à verte	10
Argile grise	12

*

*

*

VIII - ETUDE DES BASSINS

Pour rappel, il est prévu la réalisation de 3 bassins de rétention et de 2 bassins d'orage non étanches.

La faisabilité de tels ouvrages est fonction de plusieurs critères qui sont :

- la situation géographique et topographique du terrain, nécessitant un terrain en pente avec un exutoire pour le rejet des eaux traitées,
- la nature des terrains pour les conditions de terrassement,
- l'hydrogéologie du point de vue de la perméabilité des terrains, et de la présence d'eau souterraine (nappe ou non).

VIII.1. ETANCHEITE DES SOLS ET DISPOSITIF DE MISE HORS D'EAU

VIII.1.1. Bassins de rétention

Pour la réalisation des bassins de rétention, les fonds devront être étanches : le coefficient de perméabilité ne doit pas excéder 1.10^{-8} m/s (conformément à la norme européenne EN 12255-5).

Compte tenu de la nature des terrains (argile +/- sableuse à sables et graviers) et des essais de perméabilité réalisés lors de l'étude G2-AVP, la maîtrise d'œuvre a prévu la pose de géomembranes étanches en fond et sur les talus des futurs ouvrages.

Nous rappelons que d'après le PPRi d'APPOIGNY (Juin 2016), le NPHE de l'Yonne en crue est estimé au niveau du profil 980 à la cote 90.50 m NGF (zone hôtelière). Sur l'emprise du parc d'activités, ce NPHE varie entre les cotes 90.73 m NGF sur la partie amont (zone Sud du parc) à 90.45 m NGF par la partie aval (zone Nord du parc) (Cf. Dossier Loi sur l'Eau de SAGE ENVIRONNEMENT du 26 novembre 2015).

Toutefois, des venues d'eau plus superficielles sont caractéristiques du contexte hydrogéologique du secteur (nappes perchées au sein des formations plus perméables de surface).

Afin de garantir la pérennité des géomembranes et de limiter les coûts des ouvrages (lestages importants à prévoir dans le cas contraire), il conviendra de mettre en œuvre un dispositif de drainage suffisant pour contrer les sous-pressions dues aux circulations d'eau sous les bassins.

Les niveaux NGF des fonds des bassins sont précisés ci-après.

	Bassin Nord 1	Bassin Nord 2	Bassin Sud
Cote NGF fond de bassin	95.05	93.80	97.70

En l'absence d'étude hydrogéologique spécifique, sur la base des données issues des campagnes géotechniques et du suivi piézométrique sur un an (entre le 24/10/2014 et le 12/11/2015, il a été identifié des niveaux d'eau (circulations erratiques, nappes perchées) au-dessus du niveau des futurs fonds de bassins.

VIII.1.2. Dispositif de mise hors d'eau en phase travaux

Après réalisation des terrassements en pleine masse, les fonds de forme ainsi créés seront constitués par les formations argilo-sableuses, limono-argilo-graveleuses voire sablo-graveleuses. Ces derniers seront pentés vers un ou des exutoires suffisamment dimensionnés pour la gestion des eaux collectées en phase provisoire. Un pompage provisoire pourra être nécessaire afin d'assécher les points bas et permettre de travailler hors d'eau. Pour les estimations des débits d'exhaure et/ou la méthode de calcul, il conviendra de se reporter au paragraphe III.5.

Après la purge éventuelle de toute poche de matériaux décomprimés ou remaniés par les terrassements, la mise à niveau et le compactage du fond de forme selon le GTR (réalisable par beau temps uniquement), il conviendra de mettre en place une plateforme de travail comprenant un géotextile anticontaminant sur le fond de forme, puis des matériaux nobles de type concassé calcaire 20/40 mm sur au moins 50 cm d'épaisseur. Cette plateforme servira également de base drainante provisoire.

VIII.1.3. Dispositif de mise hors d'eau définitif

La pérennité de la solution présentée ci-après n'est possible que si les drains sous bassins ne se mettent pas en charge (exutoire pérenne et suffisamment dimensionné) lors de la remontée des eaux souterraines sous la géomembrane des futurs bassins. A l'inverse, une solution de lestage et/ou de puits de décharge pourra être envisageable.

Les remontées de nappe peuvent potentiellement soulever la géomembrane et peuvent également chasser l'air contenu dans le sol provoquant ainsi des sous-pressions liées au gaz sous l'étanchéité de la géomembrane ; cela pouvant nuire au bon comportement de l'ouvrage.

Il est donc nécessaire de prévoir un drainage associé à un système de décompression.

Dans le cadre du présent projet, il est possible d'envisager une protection contre les remontées de la nappe sous la géomembrane par un drainage.

Elle ne peut cependant pas offrir une garantie absolue à long terme contre les arrivées d'eau. En effet, les drains peuvent se boucher avec le temps (colmatage), et la géomembrane et les joints associés peuvent se dégrader.

Il est donc recommandé de disposer des drains routiers à cunette plate Ø150 mm minimum, à la base de la couche de matériau drainant de 0.50 m d'épaisseur, de veiller à une bonne mise en œuvre du système de drainage et à un entretien régulier des dispositifs de collecte et d'évacuation des eaux. Des regards de visite et d'entretien seront prévus en nombre suffisant en particulier aux angles et changements de direction.

Sur la base des résultats de la présente étude (sols de nature argilo-sableux et gravelo-sablo-argileux), la réalisation d'un lit drainant est envisageable mais est assujettie à plusieurs conditions :

- la détermination du débit d'exhaure et du lieu de rejet (étude hydrogéologique spécifique),
- les éventuels systèmes de sécurité (puits et pompes de relevage, cheminée de décompression,...).

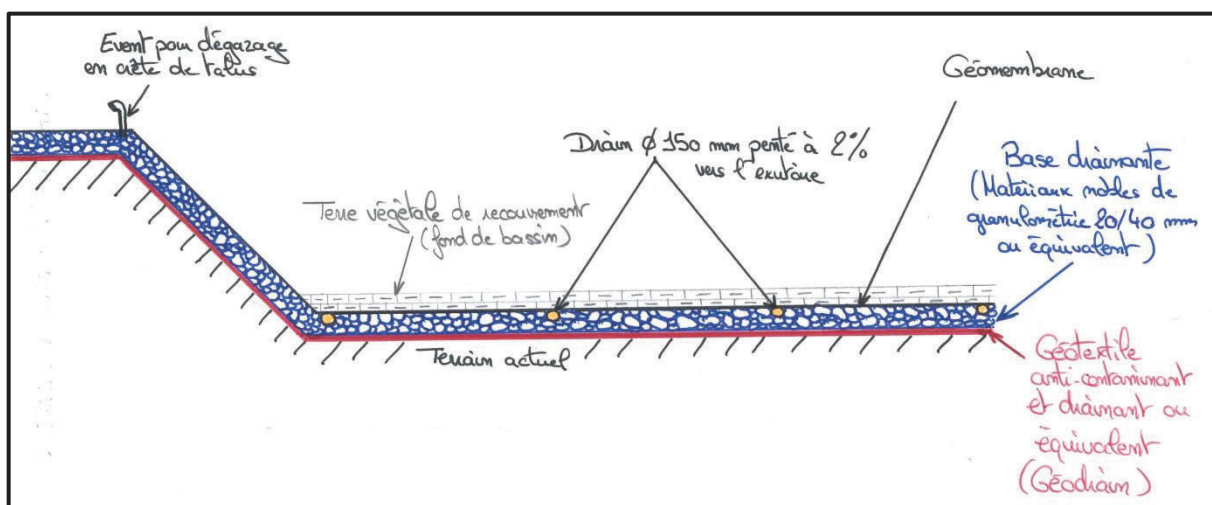
Ind. B

VIII.1.4. Drainage horizontal - base drainante sous la géomembrane

Les travaux liés au complexe drainant définitif, pour la zone de terrassement du fond de bassin étanchéifié par une géomembrane, comprennent :

- la purge des zones souillées du hérisson drainant provisoire ;
- le fond de fouille sera tapissé d'un géotextile anticontaminant et drainant ou d'un « géodrain » ou équivalent ;
- un réseau de drains routiers Ø150 mm avec une pente de 2% vers l'exutoire, disposé à la base du complexe drainant.
- la mise en œuvre d'une base drainante composée de matériaux nobles de granulométrie 20/40 mm ou équivalent, sur une épaisseur minimale de 0.50 m.

Un schéma de principe du drainage définitif est présenté ci-après :



Coupe type schématique du complexe drainant sous bassin

Remarques importantes :

Les drains seront disposés en « épi » ou en « arête de poisson ». En première approche, l'espacement entre drains sera de 5.00 m au maximum. Toutefois, l'espacement réel des drains sera défini dans le cadre d'une étude hydrogéologique spécifique.

Les eaux collectées au niveau de chaque point bas des drains seront dirigées vers un exutoire suffisamment dimensionné. Dans le cas contraire, elles pourront être dirigées via un ou des collecteurs vers une zone de relevage de ces eaux (puisard + pompe associée). Leur emplacement définitif est du ressort de la conception du projet ou de l'exécution du projet, en fonction des différentes contraintes.

Un contrôle complet du réseau de drainage (pré-réception) devra être réalisé avant l'installation de la géomembrane. Ce contrôle porte particulièrement sur les cotes des fils d'eau et l'état des drains (inspection caméra). Ainsi, le contrôle de la bonne exécution du système de drainage devra être prévu dans le cadre d'une mission de supervision du suivi géotechnique d'exécution G4 (norme NFP 94-500).

Après construction, il conviendra en outre de prévoir un entretien régulier des réseaux et de tout autre ouvrage de collecte et d'évacuation des eaux.

Dans tous les cas, un plan de drainage avec définition des cotes des drains et de l'exutoire aval devra être établi par l'entreprise en phase EXE. Ce plan prendra en compte toutes les contraintes liées au projet (plan des réseaux, phasage des travaux, niveau d'eau pris comme référence,...).

En effet, au-delà du principe général de la base drainante avec événements de décompression associés, des solutions alternatives ou des adaptations devront être ponctuellement mises en œuvre par l'entreprise afin de s'adapter aux différentes configurations du projet.

Ces solutions sont du registre du détail d'exécution et ne pourront être définies qu'au stade ultime de conception du projet, voire en phase travaux. Les plans définitifs d'exécution du système de drainage pourront être validés dans le cadre de la mission de supervision géotechnique d'exécution G4.

Afin d'éviter le colmatage des drains et l'entraînement du sol encaissant, un filtre (géo-drain ou géotextile) devra être prévu entre la couche en matériau drainant et les sols encaissants en respectant les règles de dimensionnement et les prescriptions imposées pour la géomembrane.

VIII.1.5. Bassins d'orage

Pour les bassins d'orage (bassins de régulation), les fonds de bassin ne seront pas imperméabilisés.

VIII.2. CONDITIONS DE TERRASSEMENT

Les niveaux finis des bassins sont les suivants :

	Bassin Nord 1	Bassin Nord 2	Bassin Sud	Bassin d'orage 1	Bassin d'orage 2
Sondages associés	SC/Pz104 – F118	SC/PZ103 – F116	SC/Pz 107 – F120	SC/Pz102 – F117	SC/Pz105 – F119
Niveau du TA (cote de la tête du sondage) - (m NGF)	96.35	96.60	99.60	98.00	96.45
Niveau fini du bassin (m NGF)	95.05	93.80	97.70	96.70	94.75
Hauteur des terrassements en déblais (m/TA)	1.30	2.80	1.90	1.30	1.70

Les conditions d'extraction dépendront de la compacité des terrains.

Compte-tenu de la présence principalement de formations meubles (remblais, argile ou limon +/- sableux, sables et graviers) reconnues au droit des sondages, les travaux de terrassements ne devraient pas poser de problème particulier d'exécution. Les déblais pourront être extraits par des engins à godets.

Pour les bassins de rétention, un pompage provisoire sera nécessaire afin de travailler hors d'eau. Pour les estimations des débits d'exhaure et/ou la méthode de calcul, il conviendra de se reporter au paragraphe III.5.

VIII.3. REUTILISATION DES MATERIAUX

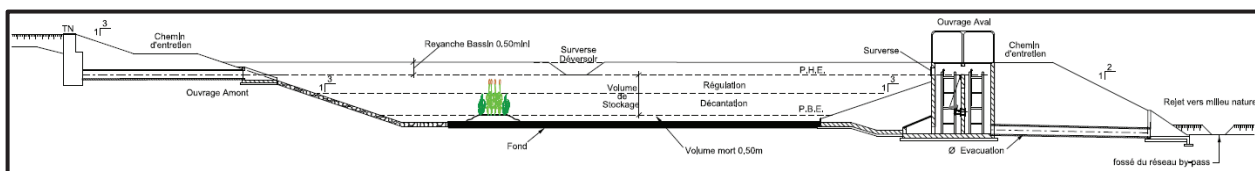
Les matériaux extraits des bassins seront des matériaux argileux à limoneux +/- sableux et sablo-graveleux. Ils pourront être réutilisés pour établir les secteurs en remblais (cf. paragraphe IV.2.2). Ceux-ci seront compactés pour couches minces selon le GTR.

VIII.4. STABILITE DES REMBLAIS DE MISE A NIVEAU

Des remblais de mise à niveau sont prévus (digue). Ces remblais auront une hauteur de l'ordre de 1.00 m à 4.00 m en fonction des bassins étudiés.

Pour un remblai constitué par les matériaux extraits du projet mis en œuvre conformément au GTR et d'après les données transmises par EGIS, les talus ne dépasseront pas 2H/1V (2 horizontalement pour 1 verticalement) sur la partie extérieure des bassins et 3H/1V (3 horizontalement pour 1 verticalement) dans la partie intérieure des bassins.

Les pentes prévues sont conservatrices et garantissent une stabilité à long terme des talus pour les hauteurs considérées ci-dessus et un réemploi des matériaux du site dans les règles de l'Art.



Coupe type initiale des bassins de traitement

En phase définitive, les talus seront recouverts par la terre végétale et feront l'objet d'une végétalisation (enherbement au minimum) pour les protéger des intempéries et de l'érosion hydraulique éventuelle.

En remblai, il sera nécessaire, pendant l'exécution du chantier de terrassement de se prémunir contre l'action des eaux de pluie par réglage des arases avec une pente transversale de 3 à 4 % vers l'extérieur de la plateforme.

En phase définitive, les talus en remblais seront recouverts par la terre végétale et feront l'objet d'une végétalisation (enherbement au minimum) pour les protéger des intempéries et de l'érosion hydraulique éventuelle.

VIII.5. STABILITE DES TALUS EN DEBLAIS

Pour les bassins, les talus en déblai auront une hauteur comprise entre 1.30 m et 2.90 m environ.

D'après les données transmises, les pentes des talus en déblai, en phases travaux et définitive ne dépasseront pas 2H/1V (2 horizontalement pour 1 verticalement) sur la partie extérieure des bassins et une pente de 3H/1V (3 horizontalement pour 1 verticalement) dans la partie intérieure des bassins.

Les pentes prévues sont conservatrices et garantissent une stabilité à long terme des talus pour les hauteurs considérées ci-dessus.

Toutefois, les talus pourront devenir rapidement instables en période pluvieuse et en présence d'arrivée d'eau souterraine, ils devront donc être protégés contre toute altération par l'eau (drainage, bâchage...).

Toutes les dispositions seront prises pour assurer leur stabilité à long terme (engazonnement, plantes fixantes, masque ou tranchée drainante, système pérenne de récupération des eaux,...).

Aucune surcharge permanente ne devra être positionnée ou stockée en tête de talus pour écarter tout risque de déstabilisation éventuelle.

VIII.6. SUJETIONS D'EXECUTION

Les règles de l'art seront respectées et notamment :

- drainage permanent de la plate-forme (*gravitaire, tranchées,...*) ;
- si malgré ces précautions, le drainage n'est pas suffisant, on devra prendre les dispositions suivantes : cloutage, géotextile, traitement au liant hydraulique,... ;
- protection des talus en phase provisoire (*fossés de tête et de pied, polyane ...*) ; dans certains cas, tranchées drainantes, à prévoir ;
- protection de talus en phase définitive (engazonnement, plantations, système pérenne de récupération des eaux,...).

Ind. A

En crête de talus, dans la zone d'ancrage des géomembranes, des événements seront mis en œuvre pour gérer la dissipation des gaz qui pourraient s'accumuler sous la géomembrane.

VIII.7. FONDATION DES SEPARATEURS D'HYDROCARBURES

- Principe de fondation

Le projet prévoit la mise en place de 2 séparateurs d'hydrocarbures (à chaque sortie d'un bassin de rétention). La profondeur de pose et l'implantation précise de ces structures ne nous ont pas été précisées.

La solution de fondation consistera à réaliser un radier porteur rigide, pour chacun des séparateurs, sollicitant vraisemblablement l'argile sableuse à +/- de graviers et/ou les sables et graviers à plus ou moins de matrice argilo-limoneuse.

Les contraintes de calcul et les tassements prévisibles ne pourront être déterminés qu'une fois l'implantation, la profondeur d'assise et les descentes de charges de chaque poste définies.

-Sujétions d'exécution

Le radier sera mis en place après réalisation du terrassement en plein masse et après la mise en œuvre, dans la mesure du possible d'une couche de forme d'une épaisseur minimale de 50 cm. Dans le cas contraire, on s'orientera vers un gros béton ou d'un béton de propreté.

Après mise à niveau du fond de forme, celui-ci sera reconditionné. Son compactage sera adapté à la nature du sol et aux conditions climatiques au moment des travaux. Ceux-ci devront être réalisés dans de bonnes conditions météorologiques. Si des pluies se produisent pendant les travaux ou si les précipitations sont abondantes durant la période précédant les travaux, des adaptations seront nécessaires (cloutage du fond de forme, drainage, etc.) pouvant engendrer un surcoût non négligeable.

On veillera également à purger toute poche de moindre consistance détectée lors des terrassements.

- Contrôles

La couche de forme sera réceptionnée par des essais pénétrométriques de type PANDA compte-tenu de l'excavation étroite ne permettant pas la mise en œuvre d'autres essais (essai à la plaque par exemple).

L'objectif visé est une densification q_3 du matériau de couche de forme.

- Mise hors d'eau

Lors de nos différentes interventions, nous avons observé des niveaux d'eau dans les sondages à différentes profondeurs.

Ind. B

En fonction de la cote du projet, de la date de réalisation des terrassements et des arrivées d'eau dans les fouilles, un pompage provisoire pourra s'avérer nécessaire afin d'épuiser les venues d'eau et d'assécher les fouilles. On pourra s'orienter vers des fosses havées associées à un gros béton immergé.

Les venues d'eau devront être captées et évacuées hors des fouilles.

Le niveau d'eau dans le sol est toujours susceptible de remonter en période pluvieuse.

Compte tenu des niveaux d'eau observés sur certains secteurs, il conviendra de prévoir une étanchéité des ouvrages jusqu'à une cote au dessus du niveau des plus hautes eaux connus.

Compte-tenu de la destination des ouvrages (séparateur hydrocarbures), ils seront nécessairement cuvelés.

Les ouvrages seront conçus de manière à reprendre les sous-pressions.

*

*

*

IX - RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET

Le présent rapport constitue le compte rendu et fixe la fin de la phase projet de la mission d'étude géotechnique de conception. Cette mission G2-PRO confiées à GEOTEC a permis de donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte en fonction des données fournies et des résultats des investigations, et présente les conditions de réalisation des ouvrages géotechniques.

Les principales incertitudes qui subsistent concernent le contexte géotechnique du site et le projet c'est-à-dire notamment :

- les caractéristiques définitives des différents projets (calage altimétriques, descentes de charges, trafic, taux d'accroissement, choix techniques, classe de plateforme (PF ?),...),
- les variations de nature, d'épaisseur des remblais et de la frange remaniée par les travaux des archéologues,
- la caractérisation environnementale de ces remblais vis-à-vis de leur évacuation,
- les variations d'épaisseur des formations alluvionnaires modernes et donc la profondeur des horizons sablo-graveleux et leur répartition spatiale,
- les paramètres intrinsèques des matériaux en déblai (teneur en eau et classe GTR notamment), en vue de leur réutilisation en remblai au moment des travaux,
- la faisabilité et l'étude dimensionnelle pour une couche de forme en matériaux du site traités,
- les conditions hydrogéologiques au moment des travaux,
- les variations de perméabilités des terrains et notamment des horizons préposés à l'infiltration,
- les contraintes archéologiques (travaux de décapage, surprofondeur éventuelles,...).

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques : il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G2 DCE/ACT à G4) devra suivre la présente étude (mission G2 PRO).

L'étude au droit du futur parking PL est limitée à une mission G1-PGC et a permis de donner les grands principes de constructions. Il est conseillé, lors des études d'EXE, de réaliser des sondages complémentaires pour caractériser les remblais (nature, épaisseur,...).

*

*

*

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement complémentaire.

CONDITIONS D'UTILISATION DU PRESENT DOCUMENT

1. **GEOTEC** ne peut être en aucun cas tenu à une obligation de résultats car les prestations d'études et de conseil sont réputées incertaines par nature, **GEOTEC** n'est donc tenu qu'à une obligation de moyens.
2. Le présent document et ses annexes constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront en être faites à partir d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la Société **GEOTEC**. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.
3. Toute modification du projet initial concernant la conception, l'implantation, le niveau ou la taille de l'ouvrage devra être signalée à **GEOTEC**. En effet, ces modifications peuvent être de nature à rendre caducs certains éléments ou la totalité des conclusions de l'étude.
4. Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, **GEOTEC** a été amené dans le présent document à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Maître d'Ouvrage ou à son Maître d'Œuvre, de communiquer par écrit ses observations éventuelles à **GEOTEC** sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à **GEOTEC** d'avoir établi son étude pour le projet décrit dans le présent document.
5. Les moyens techniques à la disposition de **GEOTEC** pour la présente étude ne permettent d'obtenir qu'une identification ponctuelle des sols, sur les seuls lieux d'implantation des sondages mentionnés ci-avant, lesquels portent sur une profondeur limitée.

En conséquence, des éléments nouveaux mis en évidence lors de reconnaissances complémentaires ou lors de l'exécution des fouilles ou des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des opérations de reconnaissance (par exemple : failles, remblais anciens ou récents, cavene de dissolution, hétérogénéité localisée, venue d'eau, pollution, etc.) peuvent rendre caduques les conclusions du présent document en tout ou en partie.

Ces éléments nouveaux ainsi que tout incident important survenant au cours des travaux (éboulements des fouilles, dégâts occasionnés aux constructions existantes, glissement de talus, etc.) doivent être immédiatement signalés à **GEOTEC** pour lui permettre de reconsidérer et d'adapter éventuellement les solutions initialement préconisées et ceci dans le cadre de missions complémentaires.

6. Pour les raisons développées au § 4, et sauf stipulation contraire explicite de la part de **GEOTEC**, l'utilisation de la présente étude pour chiffrer, à forfait ou non, le coût de tout ou partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de **GEOTEC**. Une mission G2 d'étude géotechnique de projet minimum est nécessaire pour estimer des quantités, coûts et délais d'ouvrages géotechniques.
7. **GEOTEC** ne pourrait être rendu responsable des modifications apportées à la présente étude sans son consentement écrit.
8. Il est vivement recommandé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou à l'Entreprise de faire procéder, au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premiers pieux ou puits, à une visite de chantier par un spécialiste. Cette visite est normalement prévue par **GEOTEC** lorsqu'elle est chargée d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution. Le client est alors prié de prévenir **GEOTEC** en temps utile.

Cette visite a pour objet de vérifier que la nature des sols et la profondeur de l'horizon de fondation sont conformes aux données de l'étude. Elle donne lieu à l'établissement d'un compte-rendu.

9. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (*qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF*) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.
10. Hydrogéologie : les relevés des venues d'eau dans les sondages ont un caractère ponctuel et instantané.
11. Le Maître d'Ouvrage devra informer **GEOTEC** de la date de Déclaration Réglementaire d'Ouverture du Chantier (*DROC*) et faire réactualiser le présent document en cas d'ouverture de chantier plus de 2 ans après la date d'établissement du présent document. De même il est tenu d'informer **GEOTEC** du montant global de l'opération et de la date prévisible de réception de l'ouvrage.

ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

(Extraits de la norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013 – Chapitre 4.2)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etudes géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (<i>choix constructifs</i>)
	PRO	Etudes géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (<i>choix constructifs</i>)
	DCE/ACT	Etude géotechnique de conception (G2) Phase DCE/ACT		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)	Etude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (<i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i>)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
A toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

TABLEAU 2 - CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases:

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases:

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives:

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques: notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs: plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives:

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3)